

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **ZAVRŠNI RAD**

**Mario Oletić**

Zagreb, 2012.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Mladen Crneković

Student:

Mario Oletić,  
0035176236



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:  
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo  
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **MARIO OLETIĆ**

Mat. br.: 0035176236

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **PROJEKTIRANJE ROBOTSKE STANICA ZA ZAVARIVANJE CIJEVI**

Naslov rada na engleskom jeziku: **ROBOT CELL FOR TUBE WELDING**

Opis zadatka:

Zavarivanje dimovodnih čeličnih cijevi sastoji se od tri faze rada. U prvoj fazi izvodi se zavarivanje vijaka na vanjsku stijenku cijevi, zatim se zavaruju bočni nosači (uške), a na kraju se cijev reže plazmom po dužini s jedne strane. Manipulaciju predmeta između operacija izvodi robot, koji cijelo vrijeme obrad drži predmet.

Potrebno je sagledati proizvodni proces te ga opisati po dijelovima. Kritički sagledati svaku fazu rada i predložiti poboljšanja.

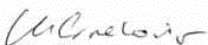
Potrebno je:

- opisati proces zavarivanja cijevi po fazama,
- analizirati rad robota u procesu proizvodnje i postojeći program robota,
- projektirati novi proizvodni proces s više robota koji bi povećao kapacitet proizvodnje,
- procijeniti investiciju i vrijeme povrata sredstava.

Zadatak zadan:

14. studenog 2011.

Zadatak zadao:

  
Prof. dr. sc. Mladen Crneković

Rok predaje rada:

1. rok: 10. veljače 2012.

2. rok: 6. srpnja 2012.

3. rok: 14. rujna 2012.

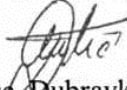
Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 15., 16. i 17. veljače 2012.

2. rok: 9., 10. i 11. srpnja 2012.

3. rok: 19., 20. i 21. rujna 2012.

Predsjednik Povjerenstva:

  
Prof. dr. sc. Dubravko Majetić

*Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.*

***Ovom prilikom bih se želio zahvaliti:***

*Voditelju rada prof. dr.sc. Mladenu Crnekoviću na stručnim savjetima i pomoći tijekom izrade završnog rada.*

*Posebno bih želio zahvaliti djelatnicima tvrtki Servus, Varstroj i Centometal na korisnim savjetima i pomoći, koji su oblikovali ovaj rad.*

*Također zahvaljujem svojoj obitelji i prijateljima na potpori i pomoći tijekom svih ovih godina studiranja.*

Mario Oletić

## SAŽETAK

U ovom radu obrađen je postupak izrade srednjeg koljena dimovodne cijevi. Opisan je ručni način izrade srednjeg koljena, a nakon toga i automatizacija postupka s jednim robotom. Takav sustav realiziran je u praksi od strane tvrtke *Servus* i *Varstroj*, a koristi ga tvrtka *Centrometal*, koja se bavi tehnikom grijanja. Kod automatiziranog postupka prikazan je i objašnjen programski kod robota, koji je najvažniji dio u ovom procesu. Najvažniji zadatak ovog rada bilo je unaprijediti postojeći sustav, kako bi se ubrzala proizvodnja srednjeg dimovodnog koljena, pritom ne gubeći na kvaliteti. Kao najekonomičnije rješenje pokazalo se uvođenje jednog dodatnog robota sa izmjenjivom glavom. Takav bi robot u najpogodnijem trenutku tijekom samog procesa mijenjao gorionike, dok prvi robot ostaje manipulator. Pokazalo se da je ova varijanta sustava brža od prve varijante sa jednim robotom i povećava produktivnost. Dodavanjem trećeg robota sustav bi se mogao ubrzati i više, no to dovodi u pitanje isplativost investicije. U zaključnom dijelu rada razložena je isplativost investicije u dodatni robot te vrijeme povrata sredstava.

## Sadržaj

1	Uvod.....	1
2	Ručni način izrade dimovodnog koljena.....	3
3	Automatizacija proizvodnje .....	4
4	Osnovni dijelovi robotske stanice za zavarivanje cijevi.....	6
4.1	Robot OTC AII - V50.....	6
4.1.1	Upravljanje robota AX 21.....	10
4.1.2	Privjesak za učenje .....	12
4.2	HBS elektrootporno zavarivanje stojećih vijaka .....	21
4.3	Zavarivanje pločica MIG postupkom .....	23
4.4	Rezanje koljena plazmom.....	24
5	Robotska stanica za zavarivanje cijevi.....	26
5.1	Mehanički dio robotske stanice .....	26
5.2	Električni dio robotske stanice .....	30
5.2.1	Upravljački - glavni ormar.....	30
5.2.2	Startni panel - start box.....	31
5.2.3	Signalni stup .....	31
5.2.4	Sigurnosna optička zavjesa .....	32
5.2.5	Sigurnosna sklopka .....	32
6	Tijek izvođenja operacija.....	33
6.1	Šaržer za dimovodne cijevi - RM1.....	33
6.2	Elektrootporno zavarivanje stojećih vijaka - RM2 .....	34
6.3	MIG/MAG zavarivanje pločica - RM3.....	34
6.4	Razrez cijevi plazmom - RM4.....	35

7	Programiranje robota OTC AII-V50 .....	37
7.1	Osnovne značajke programiranja .....	37
7.2	Princip programiranja - učenja robota .....	37
7.2.1	Učenje korištenjem naredbi gibanja .....	38
7.2.2	Vrste interpolacija.....	38
7.2.3	Stupanj točnosti .....	39
7.3	Mehanički dio robotske stanice .....	40
8	Programski kod za zavarivanje dimovodnog koljena .....	41
8.1	Glavni program .....	41
8.2	Program za uzimanje komada .....	43
8.3	Program za izradu proizvoda .....	45
8.4	Program za zavarivanje navoja.....	46
8.5	Program za zavarivanje držača.....	48
8.6	Program za rezanje plazmom .....	50
8.7	Program za odlaganje.....	52
9	Sustav s dva robota .....	54
9.1	Uvođenje dodatnih robota .....	54
9.2	Odabir robota i raspodijela zadataka .....	54
9.3	Uzimanje dimovodnog koljena.....	56
9.4	Zavarivanje pločica.....	57
9.5	Zavarivanje vijaka.....	58
9.6	Rezanje plazmom.....	59
9.7	Odlaganje gotovog proizvoda .....	60
10	Procijena investicije i vrijeme povrata sredstava .....	61

11 Literatura.....	62
--------------------	----



## Popis slika

Slika 1.1 Dimovodno koljeno.....	1
Slika 1.2 Različite veličine dimovodnih koljena .....	1
Slika 4.1 Robot OTC AII-V50 .....	4
Slika 4.4 Radni prostor robota OTC AII-V50.....	9
Slika 4.3 Robot OTC AII-V50 sa upravljanjem.....	9
Slika 4.4 Upravljanje robota AX 21 .....	10
Slika 4.5 Privjesak za učenje .....	12
Slika 4.6 Prednja strana privjeska za učenje .....	13
Slika 4.7 LCD zaslon privjeska za učenje.....	21
Slika 4.8 Uređaj za zavarivanje vijaka HBS CDM 2401.....	22
Slika 4.9 Vibrododavač vijaka .....	22
Slika 4.10 MIG zavarivanje .....	23
Slika 4.11 Disocijacija i ionizacija usljed dovođenja energije.....	25
Slika 5.1 Tlocrt robotske stanice za zavarivanje dimovodnih koljena .....	26
Slika 5.2 Pneumatska stezna ruka.....	27
Slika 5.3 Pneumatska stezna ruka.....	27
Slika 5.4 RM1 - šaržer .....	27
Slika 5.5 RM2 - EO zavarivanje vijaka.....	27
Slika 5.6 RM2 - EO zavarivanje vijaka 2.....	28
Slika 5.7 RM2 - EO zavarivanje vijaka (pneumatski cilindar) .....	28
Slika 5.8 RM3 - MIG/MAG zavarivanje pločica .....	28
Slika 5.9 RM3 - elektromotorni suport .....	28
Slika 5.10 RM3 - strojni gorionik, ručno hlađen.....	29

Slika 5.11 RM3 - zavarivački trn .....	29
Slika 5.12 RM4 - razrez cijevi plazmom.....	29
Slika 5.13 RM4 - pneumatski stezni dio.....	29
Slika 5.14 RM4 - plazma gorionik.....	29
Slika 5.15 Upravljački ormar .....	30
Slika 5.16 Startni panel .....	31
Slika 5.17 Optička zavjesa.....	32
Slika 5.18 Sigurnosna sklopka .....	32
Slika 6.1 Uzimanje poluproizvoda iz šaržera .....	33
Slika 6.2 Elektrootporno zavarivanje stojećih vijaka.....	34
Slika 6.3 MIG/MAG zavarivanje pločica.....	35
Slika 6.4 Rezanje cijevi plazmom.....	36
Slika 6.5 Odlaganje gotovih proizvoda.....	36
Slika 7.1 Izgled ekrana za vrijeme programiranja .....	37
Slika 7.2 Stupanj točnosti.....	39
Slika 7.3 AII - ST sustava za offline programiranje .....	40
Slika 8.1 Glavni program .....	41
Slika 8.2 Program za uzimanje komada.....	43
Slika 8.3 Program za izradu proizvoda .....	45
Slika 8.4 Program za zavarivanje navoja.....	46
Slika 8.5 Program za zavarivanje držača.....	48
Slika 8.6 Program za rezanje plazmom.....	50
Slika 8.7 Program za odlaganje .....	52
Slika 9.1 Uzimanje poluproizvoda iz šaržera .....	56

Slika 9.2 Zavarivanje pločice .....	57
Slika 9.3 Zavarivanje pločice 2.....	57
Slika 9.4 Zavarivanje vijaka.....	58
Slika 9.5 Zamjena gorionika.....	58
Slika 9.6 Razrez plazmom.....	59
Slika 9.7 Odlaganje gotovog proizvoda.....	60

## **Popis tablica**


Tablica 3.1 Tehnički zahtjevi i ispunjenje istih pri robotizaciji.....	4
Tablica 4.1 Tehnički podaci robota OTC AII-V50 .....	7
Tablica 4.2 Tehnički podaci upravljanja.....	11
Tablica 4.3 Funkcije tipki i prekidača.....	13
Tablica 4.4 Funkcije operacijskih tipki .....	14
Tablica 7.1 Vrste interpolacija.....	38

# 1 Uvod

Vraćanjem europske populacije tradicionalnim izvorima grijanja, kao što su peći za centralno grijanje na kruta goriva (drvo), u zadnje vrijeme sve popularnije polete, te ukrasni kamini na kruto gorivo, stvara potražnju na tržištu uz peći za i kamine, za dimovodnim cijevima, a samim time i dimovodnim koljenima. Uz svaku peć za kamin potrebno je najmanje 2 komada dimovodnih koljena, namijenjena za jednostavno, brzo i sigurno priključenje svakog tipa peći na dimnjak u objektu. Izrađena su od čeličnog lima (RSt.37.2) debljine 2mm, te površinski zaštićena postupkom plastificiranja. Dimovodna koljena sastoje se od tri segmenta, podesiva pod kutom od 0-90° sa ugrađenim otvorom za čišćenje. Tradicionalni način izrade - ručni ili neki poluautomatskim postupcima nije dostatan po kapacitetu, a ni po cijeni (visoki troškovi izrade po komadu) da zadovolji zahtjevima tržišta. Uvođenjem robota u sam postupak izrade dimovodnih koljena, proizvodnja se ubrzava, dok se troškovi izrade smanjuju, uz povećanje kvalitete, što je i sam cilj proizvođača.



Slika 1.1 Dimovodno koljeno



DIMOVODNA KOLJENA I CJEVI					
<b>DIMOVODNO KOLJENO</b>	(mm)	ø118	ø130	ø150	ø180
Težina	(kg)	2,1	2,3	2,9	3,1
d	(mm)	ø120	ø132	ø152	ø162
d1	(mm)	ø123	ø135	ø155	ø165
<b>DIMOVODNA CJEV l = 250</b>	(mm)	ø118x250	ø130x250	ø150x250	ø160x250
Težina	(kg)	1,3	1,7	1,9	2,1
d	(mm)	ø120	ø132	ø152	ø162
d1	(mm)	ø123	ø135	ø155	ø165
<b>DIMOVODNA CJEV l = 500</b>	(mm)	ø118x500	ø130x500	ø150x500	ø160x500
Težina	(kg)	2,6	3,3	3,8	4,1
d	(mm)	ø120	ø132	ø152	ø162
d1	(mm)	ø123	ø135	ø155	ø165
<b>DIMOVODNA CJEV l = 1000</b>	(mm)	ø118x1000	ø130x1000	ø150x1000	ø160x1000
Težina	(kg)	5,3	6,6	7,6	8,2
d	(mm)	ø120	ø132	ø152	ø162
d1	(mm)	ø123	ø135	ø155	ø165
<b>DIMOVODNO KOLJENO</b>	(mm)	ø180	ø200	ø250	ø300
Težina	(kg)	3,5	3,9	5,5	11,6
d	(mm)	ø182	ø202	ø252	ø302
d1	(mm)	ø185	ø205	ø255	ø305
<b>DIMOVODNA CJEV l = 250</b>	(mm)	ø180x250	ø200x250	ø250x250	ø300x250
Težina	(kg)	2,3	2,6	3,2	5,7
d	(mm)	ø182	ø202	ø252	ø302
d1	(mm)	ø185	ø205	ø255	ø305
<b>DIMOVODNA CJEV l = 500</b>	(mm)	ø180x500	ø200x500	ø250x500	ø300x500
Težina	(kg)	4,5	5,1	6,3	11,3
d	(mm)	ø182	ø202	ø252	ø302
d1	(mm)	ø185	ø205	ø255	ø305
<b>DIMOVODNA CJEV l = 1000</b>	(mm)	ø180x1000	ø200x1000	ø250x1000	ø300x1000
Težina	(kg)	9,0	10,2	12,6	22,6
d	(mm)	ø182	ø202	ø252	ø302
d1	(mm)	ø185	ø205	ø255	ø305

Slika 1.2 Različite veličine dimovodnih koljena

## **2 Ručni način izrade dimovodnog koljena**

Ručni (klasični) način izrade dimovodnog koljena sastoji se od tri radna mjesta, a za svako je potreban jedan radnik. Na prvom radnom mjestu radnik stavlja srednje dimovodno koljeno u šablonu, uvlači vijke M6x15 u za to izbušene rupe, te ih MAG postupkom zavaruje. Vijci služe za pričvršćenje poklopca otvora za čišćenje cijevi.

Na drugom radnom mjestu radnik stavlja srednje dimovodno koljeno u šablonu, te MAG postupkom zavaruje pločice (uške). Pločice služe za stezanje dimovodnih koljena prilikom montaže.

Na trećem radnom mjestu radnik stavlja srednje dimovodno koljeno u šablonu te kutnom brusilicom razrezuje koljeno između zavarenih pločica. Koljeno se razrezuje zbog potrebe zakretanja i montaže.

Vrijeme potrebno za izradu jednog dijela srednjeg koljena, sa ručnim prenošenjem s jednog na drugo radno mjesto, iznosi prosječno 7 minuta i 45 sekundi. Robotizacijom postupka smanjuje se vrijeme potrebno za izradu, potreban je manji broj radnika, povećava se kvaliteta zavarivanja i rezanja, smanjuje se broj potrebnih operacija (nije potrebno bušenje rupa za vijke) te se koriste kraći vijci M6x10.

### 3 Automatizacija proizvodnje

Široki asortiman proizvoda i uvijek veća konkurentnost na tržištu zahtijeva uvođenje fleksibilne proizvodnje, koja nam omogućava povećanje produktivnosti, smanjenje troškova i visok nivo kvalitete. Nude se dva rješenja: robotizacija ili mehanizacija zavarivanja. O različitim faktorima, npr. maloserijska ili velikoserijska proizvodnja, ovisi za koju ćemo se od tih dviju mogućnosti odlučiti.

Tablica 3.1 Tehnički zahtjevi i ispunjenje istih pri robotizaciji i automatizaciji

Zahtjevi	Robotizacija zavarivanja	Automatizacija zavarivanja
Visoka kvaliteta	DA	DA
Točnost / Ponovljivost	DA	DA
Fleksibilnost	DA	NE
Ergonomičnost	DA	DA
Jednakomjernost rada	DA	DA
Mogućnost izvedbe zavora	DA	DA (djelomično)
Visoka produktivnost	DA	DA
Pouzdanost	DA	DA
Minimalno vrijeme pripreme za drugi izradak	DA	NE
Niži investicijski troškovi	NE	DA (djelomično)

Dodatni kriterij, koji utječe na smjer robotizacije zavarivanja, je prostorno zavarivanje, koje je teško izvedljivo s automatizacijom zavarivanja s tri prostorne osi (x,y,z).

S robotima za zavarivanje dobivamo prije svega na produktivnosti, te u istom trenu podižemo kvalitetu zavarivanja. Prije samog uvođenja robotizacije zavarivanja, prije svega moramo napraviti analizu potencijalnih parametara, kao što su gabariti predmeta zavarivanja i minimizirati gabarite zavarivačke robotske stanice, čiji su dijelovi uz sam robot za zavarivanje još i zavarivački izvor s pripadajućom zavarivačkom opremom, robotsko upravljanje,

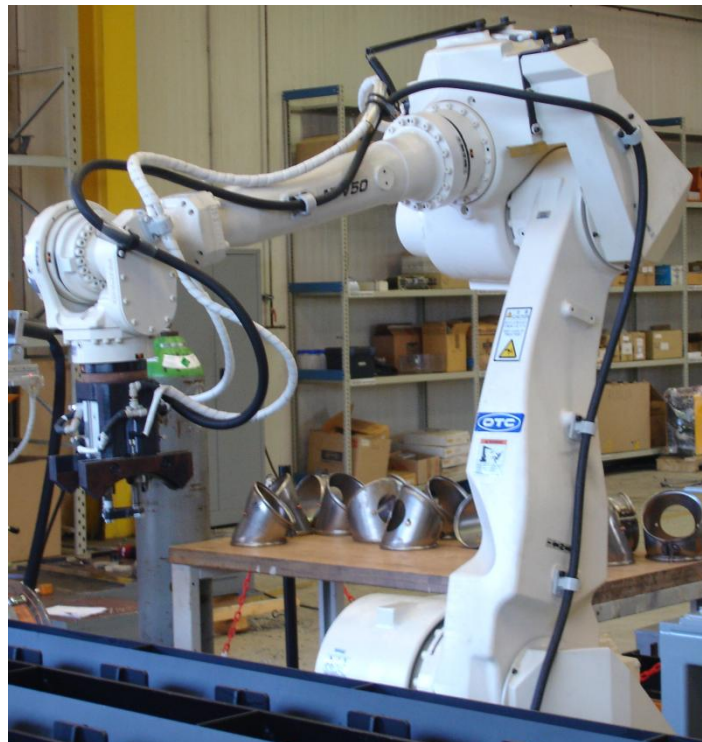


pozicioneri te ostala sigurnosna oprema. Robotski sustav neće djelovati u skladu sa zahtjevima, ukoliko neće biti primjerenog sudjelovanja između sustavnog inženjerstva, tehnikom pozicioniranja i tehnologom zavarivanja. Robotizacijom zavarivanja dobivamo maksimalno iskorištenje, visoku kvalitetu, veliku fleksibilnost, minimalno vrijeme pripreme i niske tekuće troškove.

## 4 Osnovni dijelovi robotske stanica za zavarivanje cijevi

### 4.1 Robot OTC AII-V50

Za zadatak zavarivanja dimovodnih cijevi odabran je robot OTC AII-V50. Ovaj tip robota namijenjen je raznovrsnu uporabu, od elektrolučnog i točkastog zavarivanja do posluživanja. Sustavom bez vibracija kod elektrolučnog zavarivanja postiže fleksibilno pozicioniranje. Za točkasto zavarivanje integrirane su raznovrsne funkcije kao što su servogorionik, sinkronizirani nadzor točaka itd. Ove se funkcije mogu upotrijebiti kod visoko kvalitetnih i brzih proizvodnih linija. Robot se također može iskoristiti za termičko rezanje. Sadrži programsku opremu koja omogućuje jednostavno programiranje - unaprijed uključeni programski makroi skraćuju vrijeme samog programiranja.

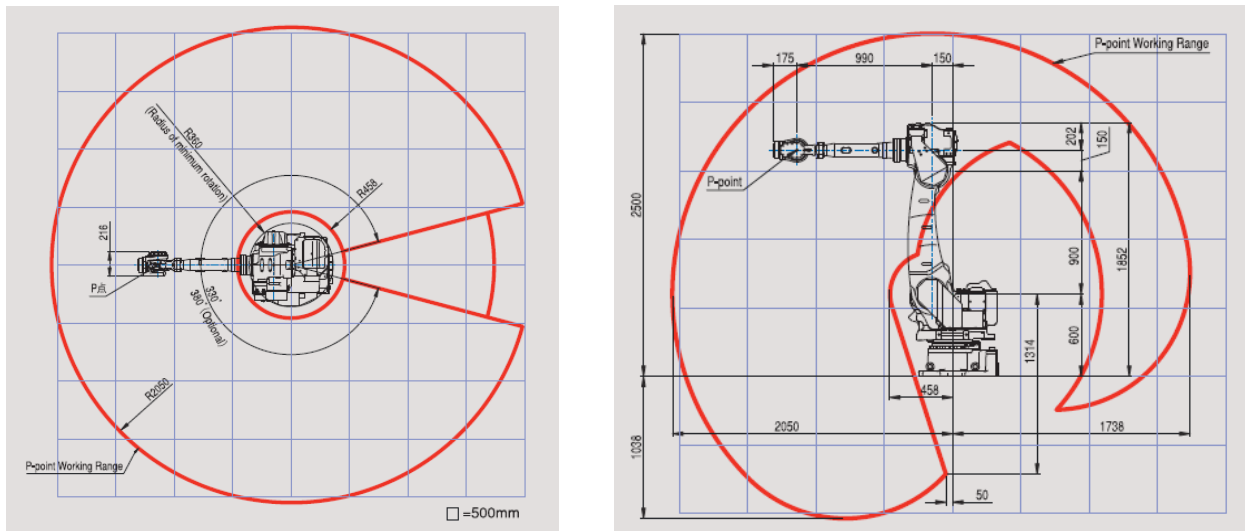


Slika 4.1 Robot OTC AII-V50

Tablica 4.1 Tehnički podaci robota OTC AII-V50

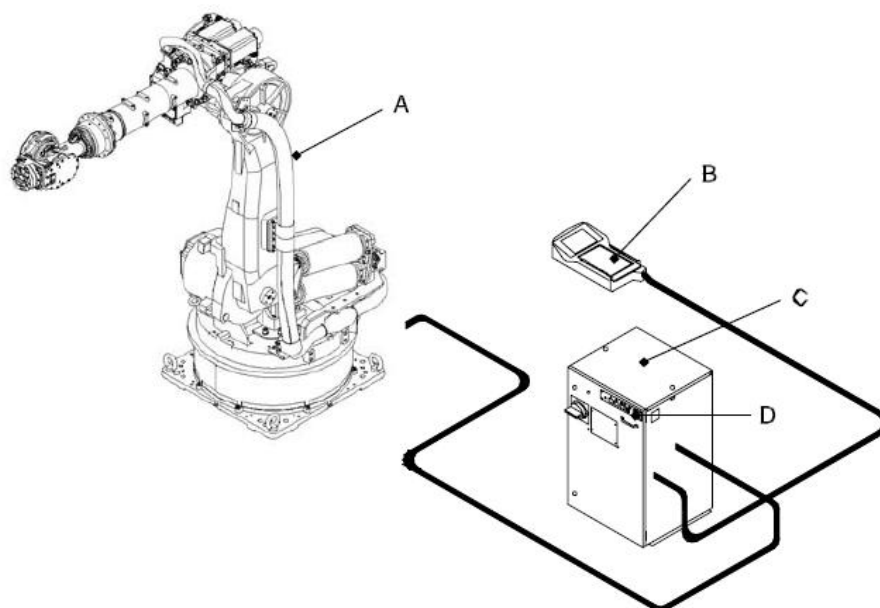
Tip			AII-V50
Struktura			Vertikalna artikuliranost
Broj osi			6
Maksimalna nosivost			50 kg
Ponovljivost			$\pm 0,3$ mm
Pogonski sistem			AC servomotori
Radno područje	Ruka	Okretanje – 1.os	$\pm 160^\circ$ (montaža uz stijenu $\pm 30^\circ$ )
		Nagib – 2.os	$-150^\circ \sim + 80^\circ$
		Okretanje – 3.os	$-140^\circ \sim + 132^\circ$
	Zglob	Okretanje – 4.os	$\pm 270^\circ$
		Nagib – 5.os	$\pm 125^\circ$
		Okretanje – 6.os	$\pm 450^\circ$
Maksimalna brzina	Ruka	Okretanje – 1.os	$160^\circ/\text{s}$
		Nagib – 2.os	$160^\circ/\text{s}$
		Okretanje – 3.os	$160^\circ/\text{s}$
	Zglob	Okretanje – 4.os	$180^\circ/\text{s}$
		Nagib – 5.os	$150^\circ/\text{s}$
		Okretanje – 6.os	$256^\circ/\text{s}$

		6.os	
Dopušteno opterećenje na zglobovima	Dopušteni moment	Okretanje – 4.os	196 Nm
		Nagib – 5.os	196 Nm
		Okretanje – 6.os	98 Nm
	Dopušteni obrtni moment	Okretanje – 4.os	8 kgm <sup>2</sup>
		Nagib – 5.os	8 kgm <sup>2</sup>
		Okretanje – 6.os	2 kgm <sup>2</sup>
Temperatura okoline i relativna vlažnost			0~45°C, 20~80%RH (nekondenzirana)
Masa			400 kg
Dodatna nosivost 3. osi			20 kg
Pozicija montaže			Stojeća, viseća, uz stijenu
Boja			Ruke: bijela Nosivi dio: plavi
Šifra za narudžbu			643815



Slika 4.2 Radni prostor robota OTC AII-V50

U ovom sustavu robot je manipulator, te služi za prihvat dimovodnih cijevi i raznosi ih od jednog do drugog radnog mjesta. Prihvat dimovodnog koljena vrši se prihvatnicom "on - off" tipa. Za prihvat dimovodnih koljena nije potrebna velika točnost i upravljivost same prihvatnice, pa je odabrana pneumatska prihvatnica kojom se upravlja stlačenim zrakom od 6 bara. Odabirom pneumatske prihvatnice javlja se potreba za dodatnom opremom - spremnikom stlačenog zraka, no s obzirom da je električno upravljiva prihvatnica za ovaj problem skuplja od pneumatske, troškovi se značajno ne mijenjaju. U prihvatnicu je ugrađen induktivni senzor čija funkcija prepoznavanje jeli robot uhvatio dimovodno koljeno.



Slika 4.3 Robot OTC AII-V50 sa upravljanjem

#### 4.1.1 Upravljanje robota AX21

Upravljanje AX21 omogućuje pod prednastavljenim uvjetima (položaj ponovnog početka, broj ponovnih početaka) automatski nastavak zavarivanja. Pomoću panela za učenje lako se nadzire struja i napon zavarivanja, dodavanje žice...



Slika 4.4 Upravljanje robota AX21

Tablica 4.2 Tehnički podaci upravljanja

Tehnički podaci		AX - 21
Nadzorni sistem	Programirani sistem	Automatski sistem za učenje
	Pogonski sistem	AC servo motor
	Br.osi upravljanja	Maksimalno neovisni simultani nadzor do 32 osi
	Sistem pozicioniranja	PTP/CP
	Sistem nadzora brzine	Konstantna brzina na TCP – ju
Memorija	Koordinatni sistemi	Pojedinačne osi (rotacija); kartezični (osnovne koordinate); koordinatni sistem gorionika; koordinate predmeta obrade; koordinate korisnika; cilindrične koordinate
	Medij memorije	Compact Flash kartica
	Br.točaka u prostoru	160.000 (kod P-točke s pojedina mehanizmom)
	Sušтина memorije	Podaci o položaju (položaj, linearni, kružni) Aplikacijski podaci ( zavarivački podaci, podaci o njihovju, vremenski elementi, brojke itd.)
	Br.programa	9999 (max. 9999 sekvenci po programu)
Gibanje	Vanjska memorija	Compact Flash kartica ili osobno računalo (priklučne naprave i programska oprema za računalo su opcijske)
	Interpolacija	Linearna, kružna (3D), slobodna
	Brzina manualnega premicanja	Rotacijske koordinate: 5 stupnjeva (max.250 mm/s na prirobničnem pogonu) Kartezične koordinate: 5 stopenj (max.250 mm/s na prirobničnem pogonu)
Operacije datoteke	Funkcije uređivanja	Kopiranje, brisanje, preimenovanje, itd.
	Shift-funkcije	Simetrično, paralelno, cilindrično (standardno), unos, brojčano i preko pomicanja mehanizma
	Poziv programa	Direktni, uvjetni
	"Hot" uređivanje	Funkcija uređivanja programa u toku automatskog ciklusa
	Vezani ulazi, izlazi	Izlazi: 4, Ulazi: 7
	Slobodni ulazi, izlazi	32 (+32 opcijski)
Interni PLC	Nastavljanje parametara	Uređivanje PLC programa preko PHG – ja (v KOP – u)
	Kapacitet programa	30 kB
	Sistem programiranja	Podupire jezik 5 IEC1131-3. Preko PHG – ja se lako prikazuje te uređuje le KOP. Svi ostali načini se uređuju preko osobnoga računala. Programska oprema za računalo je opcijska.
Aplikacije		Elektrolučno te točkasto zavarivanje, posluživanje, paletiranje, montaža, plamensko rezanje, ljepljenje, brizganje, itd.
Sigurnosne funkcije		Zatvaranje vratiju; programirano-/automatsko-zatvaranje; nadzor upravljanja, nadzor servopogona; nadzor externih komponenata; nadzor kolizije servopogona (opcijsko), software-ske limite; sigurnosne sklopke (3 stupanjske)
Diagnostičke funkcije		Priključne instalacije, PHG, procesori, motori, električni izvor, sigurnosna tehnika
Pronalaženje položaja		U isključenom stanju podaci se o položaju pohrane max. 3 godine.
Sistem hlađenja		Indirektno hlađenje
Temperatura okolice i relativna vlažnost		0 – 45 °C, 20 – 80% RH (nekondenzirano)
Priključni napon i snaga		3Ph AC 200 V/220 V +10% / -15% 50/60 Hz
		3 kVA (za NV6, NB4) 6 kVA (za NV6L, NB4L, NV20) 1,5 kVA (za NH5)
vanjske dimenzije (DxŠxV)		450x651,5x846 mm
Masa		78 kg

#### 4.1.2 Privjesak za učenje

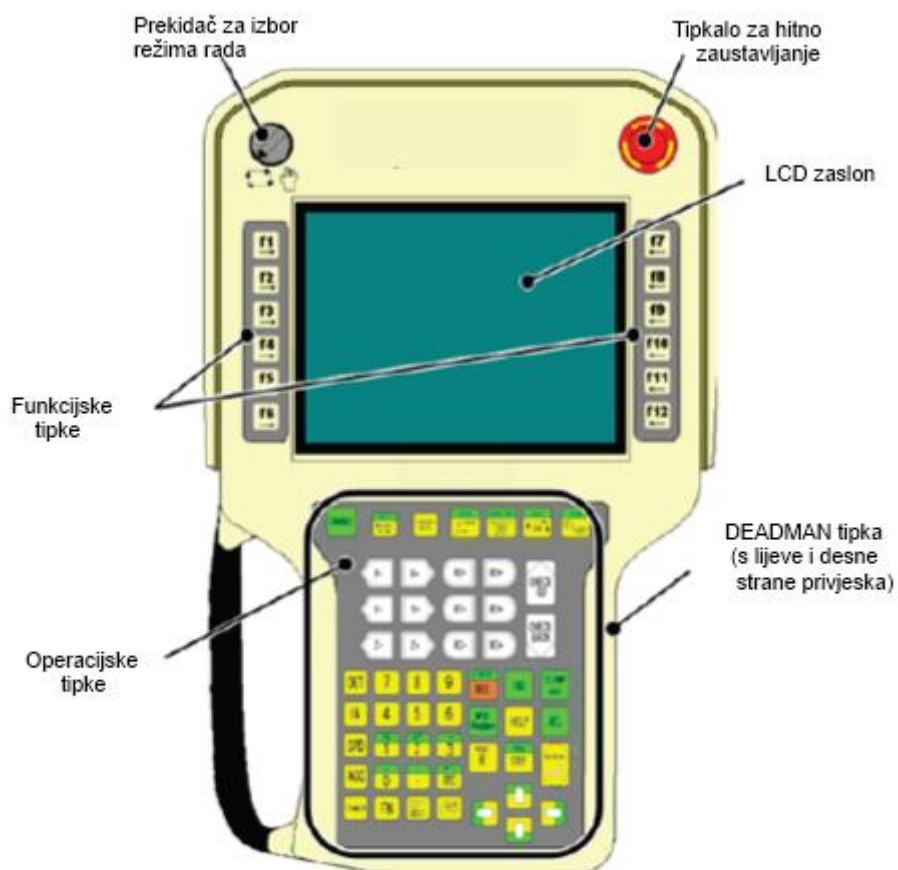
Privjesak za učenje, prilagođen korisniku, garantira potpun nadzor, visoku produktivnost i optimalnu kvalitetu zavarivanja.



**Slika 4.5 Privjesak za učenje**

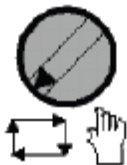

Ekran privjeska za učenje može prikazivati do četiri različita prozora istovremeno. Ekran je izveden u LCD tehnici, visoke rezolucije u boji - prikazuje 640x480 točaka VGA u TFT tehnici, te garantira u potpunosti preglednu sliku. Funkcijskim tipkama prilagođene su određene naredbe iz popisa naredbi. Fiksno određene tipke (P, L, C, AS, WS, Input i Output) skraćuju vrijeme programiranja. Ugrađene su i dodatne funkcije traženja koje omogućuju brzu i točnu identifikaciju uzroka grešaka, što dodatno povećava produktivnost.









Slika 4.6 Prednja strana privjesska za učenje




Tablica 4.3 Funkcije tipki i prekidača

Vanjski izgled	Naziv	Funkcija
	Prekidač za izbor režima rada	Služi za prebacivanje između režima za učenje i automatskog režima rada u kombinaciji sa tipkom [Mode selector switch] na operacijskoj kutiji
	Tipka za hitno zaustavljanje	Kada je ova tipka pritisnuta, robot se zaustavlja. Hitno zaustavljanje može se izvršiti i pritiskom tipke na operacijskoj kutiji.

	Deadman switch	<p>Tipka se nalazi na poledini privjeska za učenje , a koristi se kod ručnog vođenja robota. Pritiskom na tu tipku energija se dovodi u robot (motor se uključuje). Ručno upravljanje robota moguće je samo ako je ova tipka pritisnuta.</p>
---	----------------	--

Tablica 4.4 Funkcije operacijskih tipki

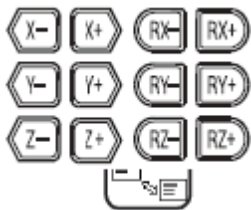
Vanjski izgled	Naziv	Funkcija
	ENABLE	<p>Da bi se izvršila neka funkcija, potrebno je istovremeno pritisnuti ovu tipku i tipku funkcije koju želimo izvršiti</p>
	UNIT/MECHANISM	<p>Dok je ova tipka pritisnuta samostalno se vrši odabir mehanizma (pozicioner). Kada je ova tipka pritisnuta u kombinaciji sa tipkom ENABLE , odabire se jedinica (ROBOT).</p>
	SINCRONIZE	<p>Ova tipka se koristi kada je na sustav priključeno više mehanizama.</p>

	<p>INTERP/COORD</p>	<p>Kada je ova tipka pritisnuta samostalno, odabire se jedan od koordinatnih sustava. Kada je ova tipka pritisnuta u kombinaciji s tipkom [ENABLE], odabire se vrsta interpolacije. Na taj način odabiremo između vrsta interpolacije (linearna, interpolacija po krivulji te kružna interpolacija).</p>
	<p>CHECK SPD/TEACH SPEED</p>	<p>Kada je ova tipka pritisnuta samostalno, mijenja se brzina ručnog načina rada. Svakim pritiskom na tipku, za vrijeme ručne operacije, operacijska brzina se mijenja od 1 do 5 (što je veći broj to je veća brzina). Kada je ova tipka pritisnuta u kombinaciji s tipkom [ENABLE], mijenja se brzina kod izvođenja operacija CHECK GO i CHECK BACK. Svakim pritiskom na tipku, za vrijeme CHECK GO ili CHECK BACK operacije, operacijska brzina se mijenja od 1 do 5 (što je veći broj to je veća brzina).</p>
	<p>STOP/CONTINUOUS</p>	<p>Kada je ova tipka pritisnuta samostalno, odabire se kontinuirani ili diskontinuirani način rada kod CHECK GO ili CHECK BACK operacija. Kod kontinuiranog načina rada, robot se ne zaustavlja na svakom koraku. Kada je ova tipka pritisnuta u kombinaciji s tipkom [ENABLE], automatski rad se prekida (ima istu funkciju kao i STOP tipka).</p>



## CLOSE/SELECT SCREEN

Kada je ova tipka pritisnuta samostalno vrši se odabir ili pomicanje zaslona. Ukoliko je prikazano više zaslona, vrši se odabir onog kojeg želimo koristiti. Kada je ova tipka pritisnuta u kombinaciji s tipkom [ENABLE], vrši se zatvaranje odabranog zaslona.



## AXIS OPERATING KEYS

Kada su ove tipke pritisnute samostalno nemaju nikakvu funkciju. Kada su pritisnute u kombinaciji s tipkom [Deadman switch], vrši se gibanje robota u prostoru. Pomicanje robota se vrši ručno.




CHECK GO  
CHECK BACK






Kada su ove tipke pritisnute samostalno nemaju nikakvu funkciju. Kada su pritisnute u kombinaciji s tipkom [Deadman switch], vrši se operacija CHECK GO ili CHECK BACK. U normalnom slučaju, robot se zaustavlja na kraju svakog koraka, ali se također može kretati kontinuirano. Koristiti tipke za [STOP/CONTINUOUS] za odabir kretanja korak po korak ili kontinuirano.

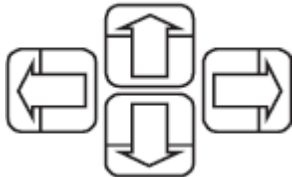











## O.WRITE/REC

Kada je ova tipka pritisnuta samostalno vrši se snimanje naredbe gibanja. Koristi se onda kada je napravljena zadnja naredba gibanja dotičnog

		<p>koraka. Kada je ova tipka pritisnuta u kombinaciji s tipkom [ENABLE], vrši se presnimavanje naredbe gibanja novom naredbom. Moguće je vršiti presnimavanje samo naredbi gibanja.</p>
	INS	<p>Kada je ova tipka pritisnuta samostalno nema nikakvu funkciju. Kada je ova tipka pritisnuta u kombinaciji s tipkom [ENABLE], vrši se umetanje koraka s naredbom gibanja. Novi korak se umeće nakon trenutnog koraka.</p>
	CLAMP ARC	<p>Funkcija ove tipke zavisi od operacije u kojoj će se upotrijebiti. Kada je ova tipka pritisnuta samostalno, vrši se jednostavan odabir naredbi. Odabire se opcija "easy teach mode", koja omogućuje odabir naredbi gibanja, početak/kraj zavarivanja te često korištene naredbe sa jednostavnim operacijama.</p>
	MOD POSITION	<p>Kada je ova tipka pritisnuta samostalno nema nikakvu funkciju. Kada je ova tipka pritisnuta u kombinaciji s tipkom [ENABLE], vrši se modificiranje položaja trenutnog koraka.</p>

	HELP	Pritisnuti tipku za pomoć u vezi neke operacije ili funkcije. Poziva se program za podršku.
	DEL	Kada je ova tipka pritisnuta samostalno nema nikakvu funkciju. Kada je ova tipka pritisnut u kombinaciji s tipkom [ENABLE], vrši se brisanje odabranog koraka.
	RESET/R	Pritiskom na ovu tipku, poništava se brojučani unos ili se vrši vraćanje trenutnog zaslona na početni zaslon. Također se omogućuje unos R kodova (kratica). Funkcija koja se želi koristiti može se odmah pozvati unosom R koda.
	PROG/STEP	Kada je ova tipka pritisnuta samostalno vrši se odabir određenog koraka. Kada je ova tipka pritisnuta u kombinaciji s tipkom [ENABLE], odabire se određeni program.
	ENTER	Pritiskom na ovu tipku otvara se izbornik ili se potvrđuje brojučani unos.

	ARROW KEYS	Kada su ove tipke pritisnute samostalno, vrši se pomicanje kursora. Kada su pritisnute u kombinaciji s tipkom [ENABLE], vrši se pomicanje ili promjena stranica.
	OUT	Kada je ova tipka pritisnuta samostalno, služi kao kratica za SETM funkcijsku naredbu. Za vrijeme učenja, pomoću ove kratice poziva se izlazni signal naredbe (SETM <FN105> funkcijska naredba).
	IN	Za vrijeme učenja, ova kratica poziva naredbu izlaznog signala "pozitivna logika" te ga stavlja na čekanje. (WAITI <FN525> funkcijska naredba).
	SPD	Služi za namještanje brzine za naredbe gibanja.
	ACC	Služi za namještanje stupnja točnosti naredbe gibanja.

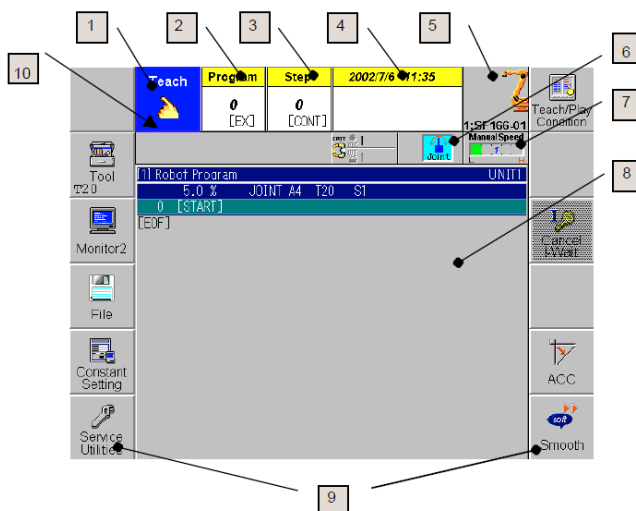
	TIMER	<p>Za vrijeme načina učenja, ovom kraticom se usnimava naredba tajmer. (DELAY &lt;FN50&gt; funkcijska naredba).</p>
	NUMERIČKE BROJKE	<p>Kada su ove tipke pritisnute samostalno, vrši se unos brojeva (0 do 9 i decimalna točka). U kombinaciji s tipkom ENABLE ove tipke imaju još neke dodatne funkcije</p>
	BS/BACKSPACE	<p>Kada je ova tipka pritisnuta samostalno, služi za brisanje brojeva i znakova. Kada je ova tipka pritisnuta u kombinaciji s tipkom [ENABLE], dolazi do vršenja undo operacije koja se nalazi neposredno ispred. Ova funkcija se može koristiti jedino kod kreiranja ili uređivanja postojećeg programa.</p>
	FN (FUNCTION)	<p>Tipka služi za izbor funkcijskih naredbi.</p>
	EDIT	<p>Pomoću ove tipke otvara se zaslon za uređivanje. U tom zaslonu funkcijske tipke su mogu promijeniti, dodati ili izbrisati te se također mogu mijenjati parametri naredbi gibanja.</p>





FKEY

Ove tipke služe za izbor funkcijskih tipki koje se nalaze s obje strane LCD zaslona.



1. Područje prikaza načina automatsko učenje ili brzo učenje
2. Područje prikaza broja programa
3. Područje prikaza broja koraka
4. Područje prikaza datuma i vremena
5. Područje prikaza korištenog mehanizma
6. Područje prikaza izabranoga koordinatnoga sustava
7. Područje prikaza brzine
8. Područje prikaza programa
9. Područje prikaza funkcijskih tipki
10. Područje prikaza različitih stanja

Slika 4.7 LCD zaslon privjeska za učenje

## 4.2 HBS elektrootporno zavarivanje stojećih vijaka

Prednosti zavarivanja vijaka su kvaliteta i produktivnost i ni sa jednom drugom tehnologijom se to ne bi moglo postići. Prilikom zavarivanja nije potrebno bušiti, rezati navoj, brusiti niti kružno zavarivati. Zavarivanje vijaka se može vršiti i na veoma tankim materijalima, a neće se pojaviti ni deformacije niti pregorijevanje materijala. Promjer vijaka kreće se između  $\phi 2$  do  $\phi 25$  mm koji se može zavariti ovom tehnologijom. Primjena im je veoma široka i obuhvaća proizvodnju liftova, autoindustriju, brodogradnju, odnosno svugdje gdje je potrebno zavarivanje vijaka sa vanjskim-unutarnjim navojem ili zavarivanje iglica u bilo kojoj poziciji. Uvjeti zavarivanja vijaka su minimalni i podrazumijevaju metalurški čistu, suhu i ravnu površinu, a nedostatak nekih uvjeta može se nadoknaditi stručnim savjetima. Nema dodatnog materijala zbog specijalne izrade vijaka. Vrste zavarivanja vijaka su: sa paljenjem vrha, sa podignutim paljenjem vrha i rotomat postupak. Vrste materijala koji se koristi su: čelik, inox, bakar i aluminij.

Za potrebe zavarivanja vijaka na vanjsku površinu srednjeg dimovodnog koljena odabran je uređaj HBS CDM 2401. Također uz sam uređaj postavljen je automatski dozator vijaka (HBS VBZ-3) s vibratorom kojemu je cilj vibracijama postaviti vijke u položaj pogodan za zavarivanje.



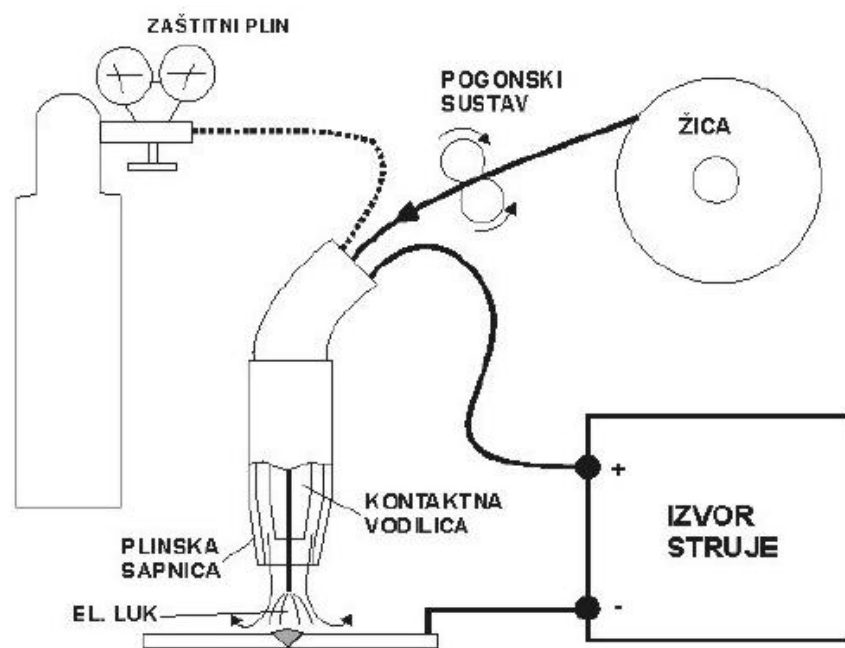
Slika 4.8 Uređaj za zavarivanje vijaka HBS CDM 2401



Slika 4.9 Vibrododavač vijaka

### 4.3 Zavarivanje pločica MIG postupkom

Elektrolučno zavarivanje taljivom elektrodom u zaštitnoj atmosferi plina (MIG/MAG) je postupak zavarivanja taljenjem, gdje se električni luk uspostavlja i održava između taljive žice i radnog komada koji se zavaruje. MIG (Metal Inert Gas) postupak kao zaštitni plin koristi inertni plin (Ar, He, Xe), a MAG (Metal Active Gas) postupak kao zaštitni plin koristi aktivni plin (CO<sub>2</sub>).



Slika 4.10 MIG zavarivanje

Zbog utjecaja topline električnog luka, tali se žica (koja se dovodi konstantnom brzinom) i osnovni materijal na mjestu zavarivanja, čime se ostvaruje zavareni spoj. Proces se odvija u zaštitnoj atmosferi koju omogućuje plin ugljični dioksid (CO<sub>2</sub>), argon (Ar) ili mješavine plinova. Ovim postupkom se mogu zavarivati svi komercijalno značajni materijali, kao npr. konstrukcijski čelici, nehrđajući čelici, vatrootporni čelici, aluminij i njegove legure, bakar i njegove legure, raznorodni metali itd. Postupak je izuzetno pogodan za mehanizaciju, automatizaciju i robotizaciju.

Jedna od važnih specifičnosti MIG/MAG postupka je mogućnost izbora (podešavanja) načina prijenosa metala kroz električni luk:

- Elektrolučno zavarivanje topljivom žicom u zaštiti aktivnog plina, kod kojeg se prijenos materijala vrši kratkim spojevima (short arc, kratki luk), oznaka MAGk

- Elektrolučno zavarivanje topljivom žicom u zaštiti aktivnog plina, kod kojeg se prijenos materijala vrši krupnim kapljicama uz pojavu kratkih spojeva (mixed arc, mješoviti luk), oznaka MAGi
- Elektrolučno zavarivanje topljivom žicom u zaštiti plina, kod kojeg se prijenos materijala vrši u štrcajućem mlazu, bez kratkih spojeva (spray arc, štrcajuci luk), oznaka MIGs ili MAGs
- Elektrolučno zavarivanje topljivom žicom u zaštiti plina, kod kojeg se prijenos materijala vrši impulsno, kontroliranim preletom kapljica bez kratkih spojeva (pulsed arc, pulzirajući ili impulsni luk), oznaka MIGp ili MAGp.

Kod navođenja razlika između ugljičnih i nehrđajućih čelika već je napomenuto da veliko unošenje energije stvara probleme kod zavarivanja nehrđajućih čelika, što automatski navodi kao optimalan postupak MIG zavarivanje kratkim lukom, kod kojeg se zavaruje malim strujama i naponima. Ipak, baš zbog obaveznog kratkog spoja tu dolazi do neminovnog rasprskavanja dodatnog materijala koje loše utječe na korozijsku postojanost i povećava troškove naknadne obrade. Sa stajališta mirnog prijenosa materijala optimalno bi bilo zavarivanje štrcajućim lukom (spray arc), kod kojeg praktički nema rasprskavanja, ali ovaj način zahtijeva velike struje, a naročito napone, što znaci veliku energiju i eventualnu primjenu samo kod debljih materijala. Jedno od rješenja ovog problema je zavarivanje impulsnim lukom.

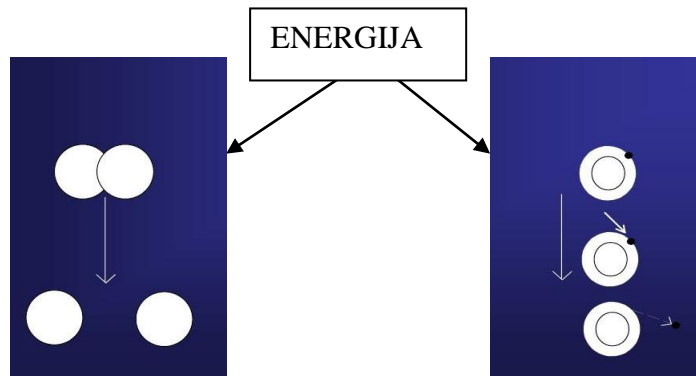
MIG/MAG postupkom se u robotskom sustavu zavarivanja cijevi zavaruju pločice (uške) na vanjsku stjenku srednjeg dimovodnog koljena.

#### 4.4 Rezanje koljena plazmom

Fizikalno gledano, plazma je četvrto agregatno stanje. Dobiva se na način da se plinu dodaje energija dok u potpunosti ne prijeđe u stanje plazme. Plazma je ioniziran i disociran plin koji provodi električnu struju. Prema van je električki neutralna, odnosno ima jednak broj pozitivnih i negativnih naboja.

Plazma postupak rezanja temelji se na principu prolaska plazmenog plina kroz električni luk pri čemu dolazi do disocijacije i ionizacije plina. (*Slika 1.*) Nastale čestice se udaljavanjem od mjesta nastanka rekombiniraju i pri tome oslobađaju veliku količinu topline što lokalno uzrokuje pojavu temperature od nekoliko desetaka tisuća kelvina. Toplina tali materijal u području reza, a struja plina ga ispuhuje svojom kinetičkom energijom i tako nastaje rez. Zbog visokih toplinskih opterećenja gorionici se hlade vodom. Plazma postupkom daju se rezati i materijali koji ne provode električnu struju. Razmak gorionika i materijala koji se reže

nije kritična veličina. Plazmeni luk karakterizira visoka koncentracija energije koja omogućava duboku penetraciju i velike brzine rezanja uz veoma visoku stabilnost luka



Slika 4.1 Disocijacija i ionizacija usljed dovođenja energije

Do prije petnaest godina bilo je gotovo pravilo rezati tanke limove na laseru, srednje debele limove na plazmi, a limove većih debljina na plinskom rezaču. Razlog tome bili su tehnološka ograničenja, ostvariva kvaliteta reza, brzine rezanja i cijena opreme svakog pojedinog postupka. Razvoj sve tri tehnologije rezanja proteklih godina omogućio je preklapanja područja rezanja. Lasersko rezanje uvođenjem 5 i 6 KW izvora ušlo je u područje većih debljina rezanja. Tehnologija plazma rezanja napredovala je u kvaliteti reza što joj je bio jedini veći nedostatak u odnosu na rezanje laserom. Rezanje plinskim postupkom napredovalo je u programskoj podršci, naročito u dijelu istovremenog reza sa više gorionika. U području rezanja materijala najvećih debljina, odnosno u izradi teških konstrukcija ova je tehnologija zadržala primat zbog svojih specifičnih prednosti u odnosu na rezanje plazmom i laserom.

Tehnologije plazma rezanja FineFocus, Hi Focus i HiFinox daju dobru kvalitetu reza uz velike brzine i prihvatljivu cijenu po metru reza i u području rezanja tankih limova sve više istiskuju laser. Također povećanje efikasnosti i kvalitete reza omogućava uporabu plazma tehnologije i za rezanje Cr-Ni limova i preko 200 mm debljine.

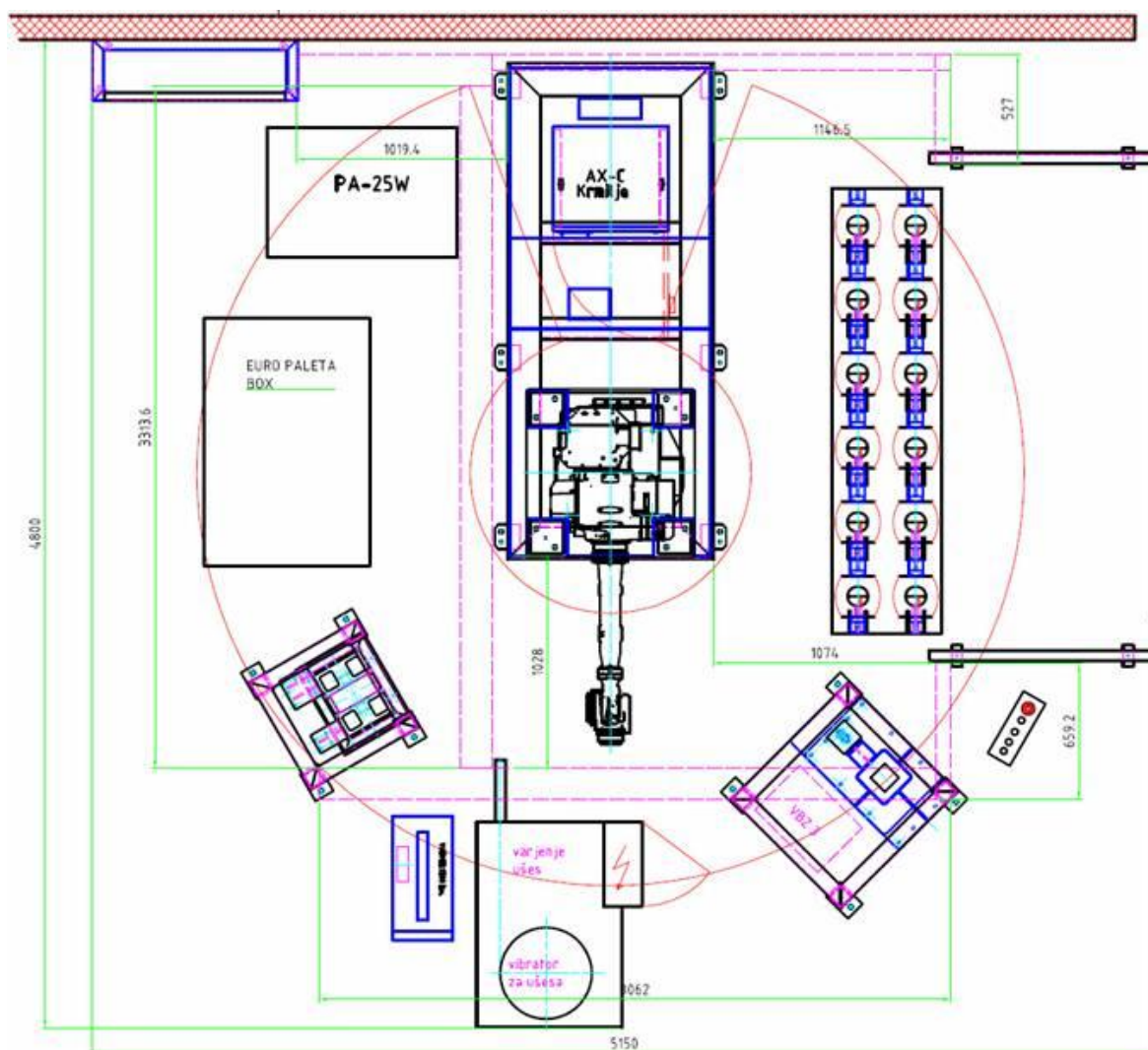
U ovom sustavu koristi se plazma uređaj PA-S25W.

## 5 Robotska stanica za zavarivanje cijevi

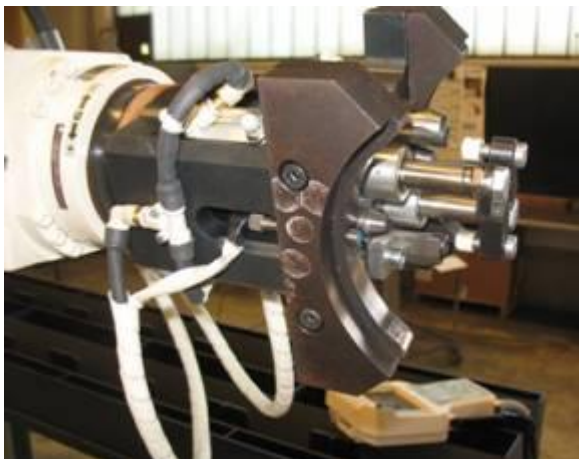
### 5.1 Mehanički dio robotske stanice

Robotska stanica za zavarivanje cijevi sastoji se od više pojedinačnih samostalnih sklopova:

- robota manipulatora OTC AII V50 sa pneumatskim steznim čeljustima i šaržera za cijevi
- naprave za elektrootporno zavarivanje stojećih vijaka sa vibratorom i automatskim šaržerom stojećih vijaka
- naprave za MIG/MAG zavarivanje pločica sa vibratorom i šaržerom pločica na mjesto zavarivanja, elektromotornog suporta SEM 250 sa pneumatskim suportom za namještanje strojnih gorionika, izvorom za zavarivanje VARMIG 2300 InverterPlus
- naprave za razrez cijevi plazmom, tip Kjellberg PA-S25W sa strojnim gorionikom



Slika 5.1 Tlocrt robotske stanice za zavarivanje dimovodnih koljena



Slika 5.2 Pneumatska stezna robotska ruka



Slika 5.3 Pneumatska stezna robotska ruka  
(644561MKBTF-20R SMC)



Slika 5.4 RM1 - šaržer



Slika 5.5 RM2 - EO zavarivanje vijaka





**Slika 5.6 RM2 - EO zavarivanje vijaka2**



**Slika 5.7 RM2 - EO zavarivanje vijaka (pneumatski cilindar)**



**Slika 5.8 RM3 - MIG/MAG zavarivanje pločica**



**Slika 5.9 RM3 - elektromotorni suport**





**Slika 5.10 RM3 - strojni gorionik, ručno hlađen**



**Slika 5.11 RM3 - zavarivački trn**



**Slika 5.12 RM4 - razrez cijevi plazmom**



**Slika 5.13 RM4 - pneumatski stezni dio**



**Slika 5.14 RM4 - plazma i gorionik**

## 5.2 Električni dio robotske stanice

Električni dio sastavljen je iz glavnog upravljačkog ormara, startnog panela, signalnog stupa, sigurnosnih sklopki – optičkih zavjesa i uputstva za pravilan izbor signala na pojedinačnom radnom mjestu.

### 5.2.1 Upravljački- glavni ormar



Slika 5.15 Upravljački ormar

Na upravljačkom ormaru nalazi se glavna sklopka koja služi za uključenje naprave na električnu mrežu. Bijela svjetiljka služi za indicaciju napona na napravi, odnosno svijetli kada je naprava uključena. Okretanjem vrtljivog gumba nastavljamo brzinu zavarivanja i vraćanja gorionika. Za slučaj opasnosti i nekontroliranog gibanja robota, koristi se tipka za stop u nuždi, koja će zaustaviti robot.

### 5.2.2 Startni panel - start box

Na startnom panelu nalazi se tipka Teach koja služi za preklapanje između ručnog i automatskog rada zavarivačke robotske stanice. Tipka za stop u nuždi služi za zaustavljanje u slučaju opasnosti. Tipka Auto također služi za preklapanje između ručnog i automatskog rada zavarivačke robotske stanice, a pritiskom na nju upali se lampica Auto. Tipka za uključenje sustava uključuje napajanje naprave. Uvjeti za uključenje ove tipke su oslobođene tipke za stop u nuždi, oslobođene krajnje sklopke servo pogona i puštena u pogon naprava za posluživanje. Tipka Servo ON uključuje servo-motore robota. Tipka Start aktivira automatski način rada ukoliko je on izabran te omogućuje nastavak programa ukoliko je on bio prekinut tipkom Stop. Tipka Stop prekine kretanje robota te upali crvenu lampicu.



Slika 5.16 Startni panel

### 5.2.3 Signalni stup

Signalni stup služi za signaliziranje u slučaju smetnji i dolaska robota na određena rada mjesta. Crvena svjetiljka svijetli u slučaju smetnji, a plava svijetli dolaskom robota na pojedino radno mjesto.

#### 5.2.4 Sigurnosna optička zavjesa

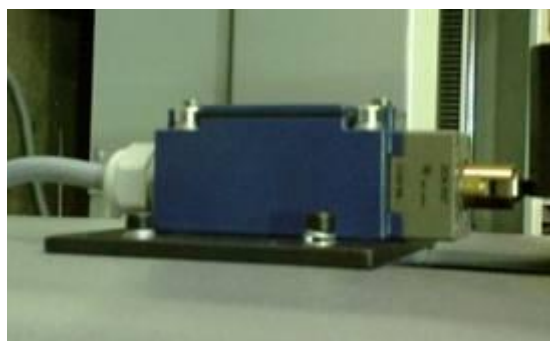
Sigurnosna optička zavjesa dio je zaštitne, sigurnosne ograde. Namještena je na mjestu posluživanja. Zavjesa zaustavlja robot kada se radnik nalazi na mjestu posluživanja (radno mjesto 1 - RM1), a robot je na putu do novog komada - u automatskom radu.



**Slika 5.17** Optička zavjesa

#### 5.2.5 Sigurnosna sklopka

Sigurnosna sklopka montirana je na greben robota i služi za sigurnosnu branu kada se ne radi na mjestu posluživanja (RM1).



**Slika 5.18** Sigurnosna sklopka za klizna vrata

## 6 Tijek izvođenja operacija

Postupak zavarivanja srednjeg koljena dimovodnih cijevi sastoji se od četiri radna mjesta, te mjesta za odlaganje gotovih proizvoda. Robot OTC AII-V50 radi kao manipulator i koristi se za nošenje dimovodnog koljena od jednog radnog mjesta do drugog. Kvaliteta zavara i reza ovisi o robotu tj. o brzini, smjeru i udaljenosti između koljena i gorionika tokom pojedinog tehnološkog procesa. Stoga robot treba biti pažljivo programiran, kako bi svojim pokretima omogućio što bolju kvalitetu izrade proizvoda.

### 6.1 Šaržer za dimovodne cijevi - RM1

U šaržer radnik stavlja poluproizvode dimovodnih koljena, na kojima su potrebni, da bi dobili gotov proizvod, dodatni tehnološki zahvati. Robot iz šaržera uzima koljeno i provodi ga kroz ostala radna mjesta. Nakon što je gotov proizvod odložen na za to predviđeno mjesto, robot se vraća po drugi poluproizvod na RM1. Redosljed po kojemu vadi iz šaržera poluproizvode je programiran. Ukoliko na određenom mjestu u šaržeru nema koljena, robot ga odlazi tražiti na sljedećem mjestu koje je definirano programom. Za detekciju prisustva poluproizvoda dimovodnog koljena koristi se induktivni senzor koji je smješten u pneumatskom prihvatnici robota. Kad robot isprazni cijeli šaržer do kraja, sljedeći poluproizvod traži na prvom mjestu u šaržeru.

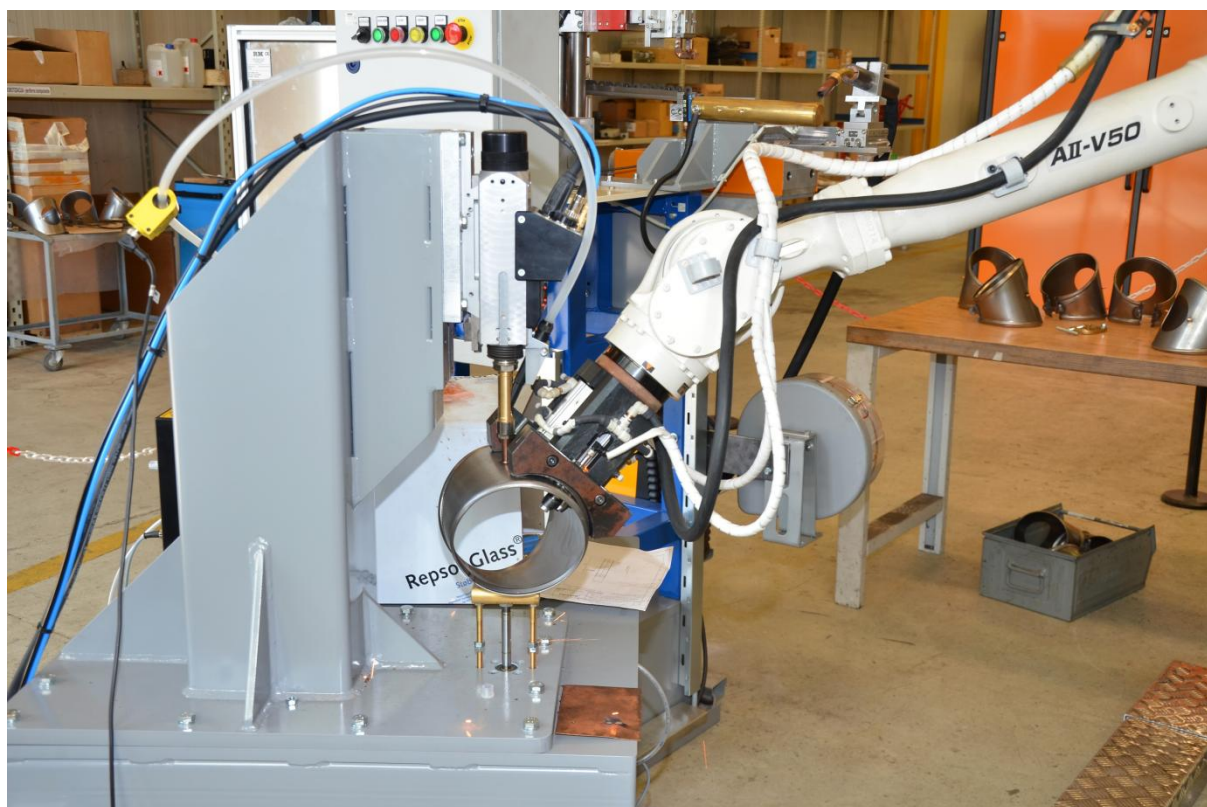


Slika 6.1 Uzimanje poluproizvoda iz šaržera



## 6.2 Elektrootporno zavarivanje stojećih vijaka - RM2

Nakon što robot iz šaržera uzme gotov poluproizvod, nosi ga na RM2. Tu se na koljeno zavaruju dva stojeća vijka, po jedan sa svake strane otvora za čišćenje. U tu svrhu koristimo HBS uređaj za zavarivanje vijaka. Na te se vijke kasnije pričvršćuje poklopac na otvor, koji nam kasnije tokom uporabe cijevi omogućuje njeno čišćenje. Ovdje je bitno veoma precizno programirati položaj u kojem će robot držati koljeno s obzirom da vijci trebaju biti simetrično zavareni s obje strane otvora. Također robot treba držati koljeno na mjestu u položaju zavarivanja određeno vrijeme, kako bi se vijci kvalitetno zavarili.

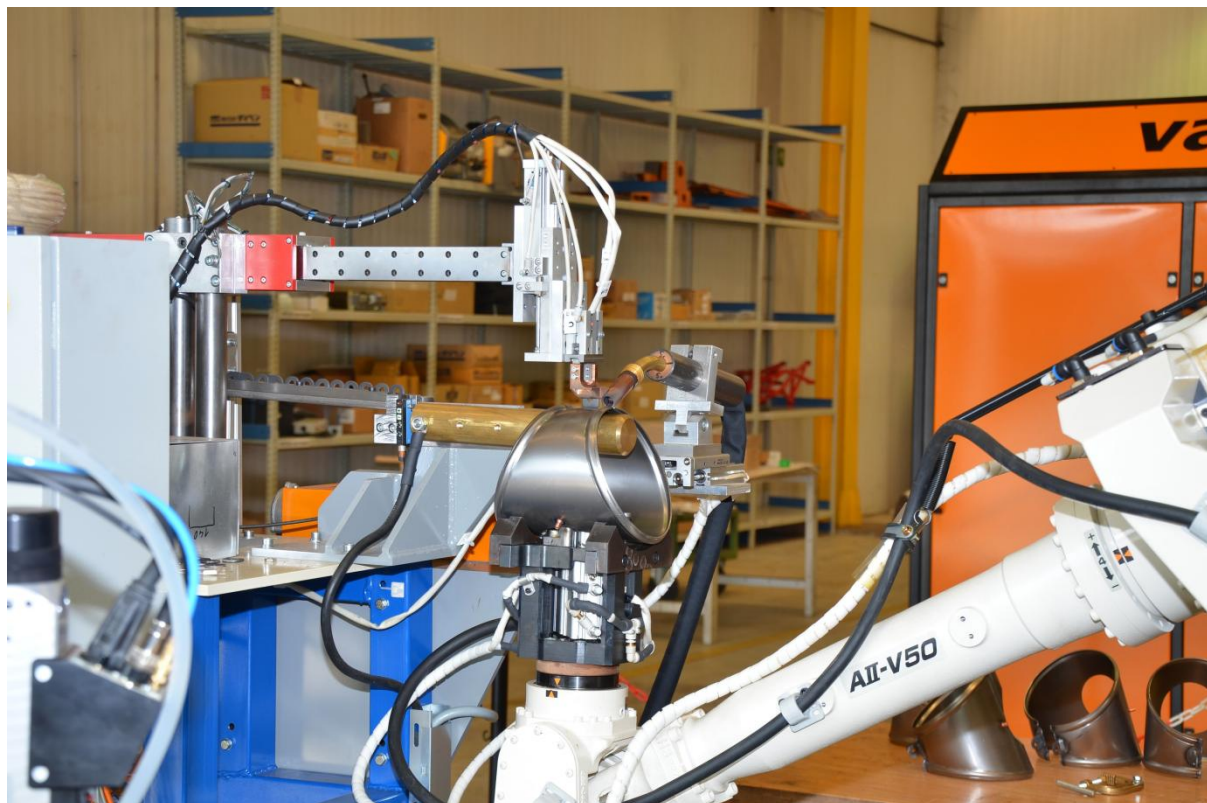


Slika 6.2 Elektrootporno zavarivanje stojećih vijaka

## 6.3 MIG/MAG zavarivanje pločica - RM3

Nakon što se zavare stojeći vijci, robot nosi poluproizvod dimovodnog koljena na RM3. Na ovom radnom mjestu, na strani koljena suprotnoj otvoru za čišćenje, zavaruju se dvije pločice s rupom za vijak u sredini. Funkcija tih pločica je kasnije stezanje dimovodnog koljena. Robot postavlja i drži koljeno tokom procesa zavarivanja na metalnom dijelu uređaja za zavarivanje, koji služi kao masa, s obzirom da je potrebna kako bi se uspostavio električni luk. Postupak je veoma ovisan o brzini kojom robot povlači koljeno tokom procesa zavarivanja, te se ona treba pažljivo odabrati, kako bi kvaliteta zavara bila zadovoljavajuća. Osim brzinom robota,

kvaliteta zavora uvjetovana je i nekim drugim parametrima koji se postavljaju na samom uređaju za zavarivanje (jakost struje, brzina dovođenja žice...).



Slika 6.3 MIG/MAG zavarivanje pločica

## 6.4 Razrez cijevi plazmom - RM4

Nakon zavarivanja pločica, robot nosi dimovodno koljeno na RM4, gdje se ono razrezuje plazmom, po sredini između dviju pločica. Razrezivanje se vrši zbog konstrukcijskih zahtjeva, radi lakšeg kasnijeg sastavljanja. Kvaliteta reza ovisna je o brzini kojom robot vuče koljeno kroz plazmeni luk, te o parametrima samog luka.





**Slika 6.4 Razrez cijevi plazmom**

Nakon razrezivanja plazmom, robot gotovo dimovodno koljeno stavlja na za to predviđeno mjesto, u ovom slučaju stol. Cijeli proces kroz sva radna mjesta, treba proći svako dimovodno koljeno iz saržera.

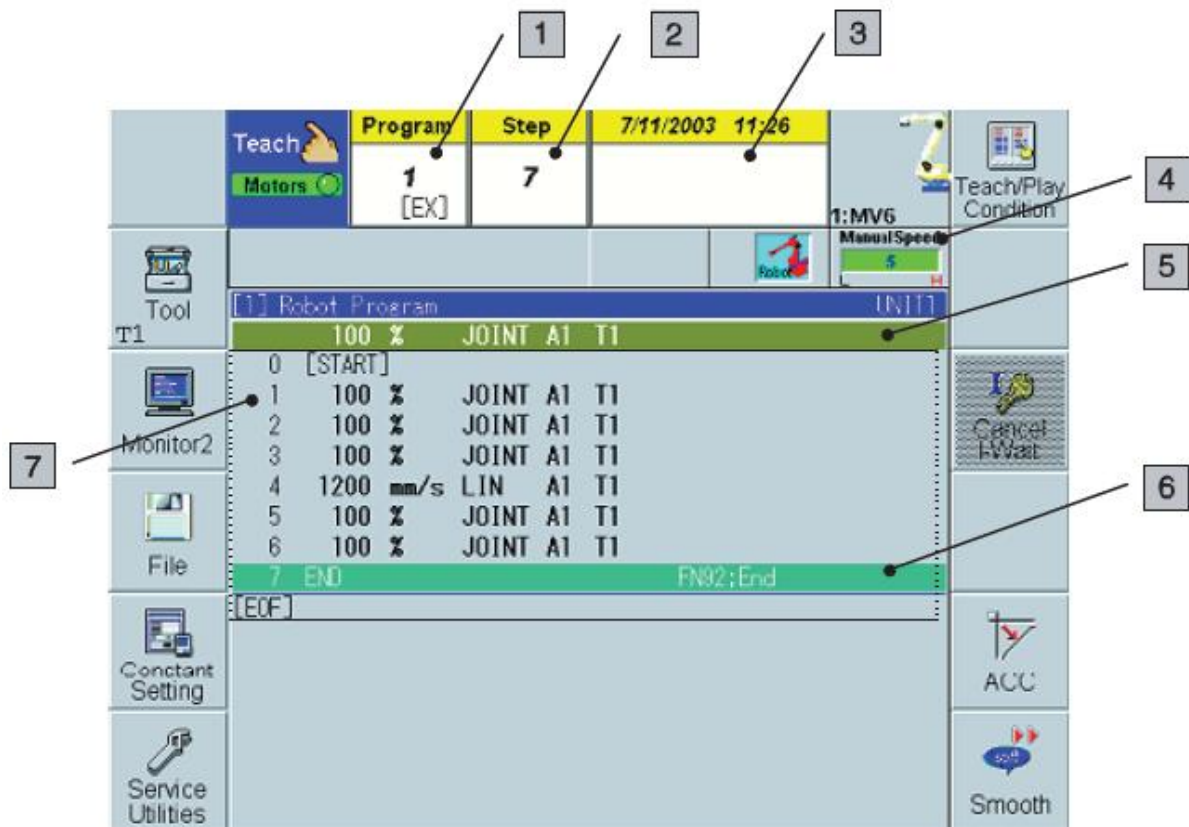


**Slika 6.5 Odlaganje gotovih proizvoda**



## 7 Programiranje robota OTC AII-V50

### 7.1 Osnovne značajke programiranja



Slika 7.1 Izgled ekrana za vrijeme programiranja

1. Broj programa - prikazuje broj programa koji je trenutno odabran.
2. Broj koraka - prikazuje redni broj koraka koji je trenutno odabran
3. Komentari - prikazuje komentare koji su snimljeni za vrijeme izvođenja prvog koraka
4. Brzina robota - prikazuje brzinu kojom će se robot gibati
5. Snimljeni status - ovdje se prikazuju podaci o odabranoj brzini, načinu interpolacije itd.
6. Sadržaj programa - prikazuje sve snimljene korake u programu

### 7.2 Princip programiranja - učenja robota

Učenje robota može se obaviti korištenjem naredbi gibanja ili korištenjem funkcijskih naredbi. Ukoliko je odabrana kriva funkcija ili naredba, moguće ju je naknadno popraviti.



### 7.2.1 Učenje korištenjem naredbi gibanja

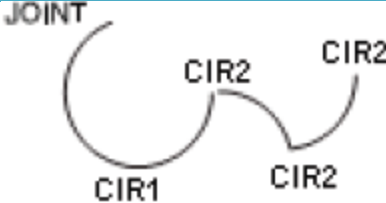
Učenje korištenjem naredbi gibanja sastoji se od pet koraka:

- (1) Robotom se upravlja ručno, sve dok ne dođe u položaj koji želimo spremati
- (2) Pritisnuti CLAMP ARC
- (3) Odabir vrste interpolacije:
  1. Joint P - krivuljna interpolacija
  2. Line L - linearna interpolacija
  3. Circle C - kružna interpolacija
- (4) Namještanje brzine, točnosti i drugih odataka
  1. Brzina - brzina kojom se robot kreće prema snimljenoj poziciji
  2. Točnost - stupanj točnosti se odnosi na veličinu kuta u odnosu na snimljenu točku prilikom prolaska alata. Stupnjevi točnosti definirani su od A1 do A8 vrijednosti.
- (5) naredba gibanja snima se pritiskom na f12 <Complete>

### 7.2.2 Vrste interpolacija

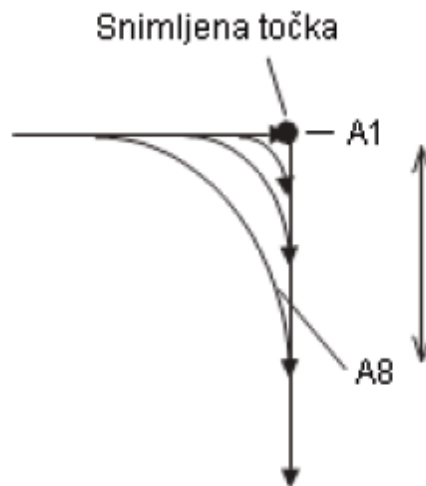
Tablica 7.1 Vrste interpolacija

Vrsta interpolacije	Putanja vrha alata
Interpolacija po krivulji (JOINT)	<p>Svaka os pomiče se neovisno pa putanja alata nije fiksna.</p> 
Linearna interpolacija (LIN)	<p>Ako sljedeći koraka zahtijeva linearnu interpolaciju, vrh alata će se do sljedećeg koraka gibati pravocrtno.</p> 

Kružna interpolacija (CIR)	Ako trenutni i sljedeći korak zahtijevaju kružnu interpolaciju, vrha alata pomiče se po kružnici.	
-------------------------------	---	--

### 7.2.3 Stupanj točnosti

Stupanj točnosti odnosi se na veličinu kuta u odnosu na snimljenu točku, prilikom prolaska alata. Stupnjevi točnosti su definirani od vrijednosti A1 do A8. Kada je odabrana opcija A1, alat uvijek prolazi kroz snimljenu točku. Kada odaberemo A2 ili iznad, vrijeme automatske operacije je skraćeno ovisno o tome po kojem kutu alat prolazi od snimljene točke. Manje vrijednosti točnosti se odabiru kod zavarivanja, a veće točnosti kod npr. rezanja.

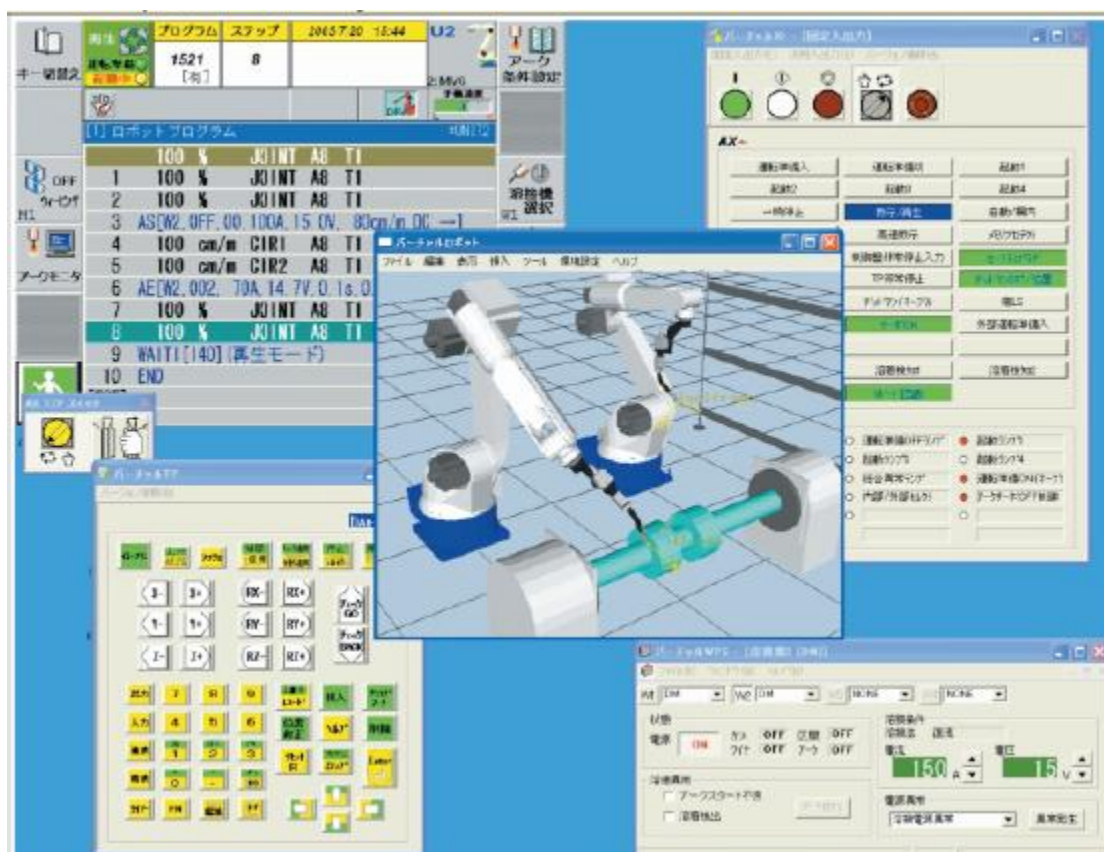


Slika 7.2 Stupanj točnosti

Stupanj točnosti se može podijeliti na dvije metode: kontinuiranu i metodu s pauzom. Kod kontinuirane metode alat prolazi po zadanoj putanji bez promjene brzine. Ova metoda se primjenjuje kada alat ne dolazi u kontakt s radnim komadom, već kad prolazi od jedne točke do druge kroz zrak. Kod metode s pauzom, robot prije dolaska u samu točku usporava i polako joj se približava. Ova metoda se primjenjuje kod postupaka kao što je točkasto zavarivanje, kada se zahtijeva visoki stupanj točnosti pozicioniranja.

### 7.3 Sustav za offline programiranje AII-ST

Za offline programiranje robota OTC AII-V50 koristi se program AII-ST, koji osim samog programiranja omogućuje i izuzetno preciznu simulaciju. Program raspolaže s jednakom radnom površinom kao robotsko upravljanje AX-21, te je s njim potpuno kompatibilan. U samom programu pojavljuju se virtualni privjesak za učenje, virtualni robot te ostale funkcije koje se koriste kod online programiranja. Offline programiranje vrši se na jednak način kao i sa realnim privjeskom za učenje, samo što se ovdje spremaju koordinate položaja virtualne hvataljke robota. Da bi program napravljen virtualno mogao funkcionirati i u realnom svijetu, potrebno je odabrati nekoliko referentnih točaka u virtualnom i realnom svijetu, te iz povezati. Programom za offline programiranje, AII-ST, kod možemo testirati u virtualnom svijetu, te ukoliko je potrebno, izmijeniti ga i otkloniti njegove nedostatke, bez opasnosti i uz minimalan utrošak energije. Tek nakon što smo sigurni da je kod ispravan, prenosimo ga u realni robot.

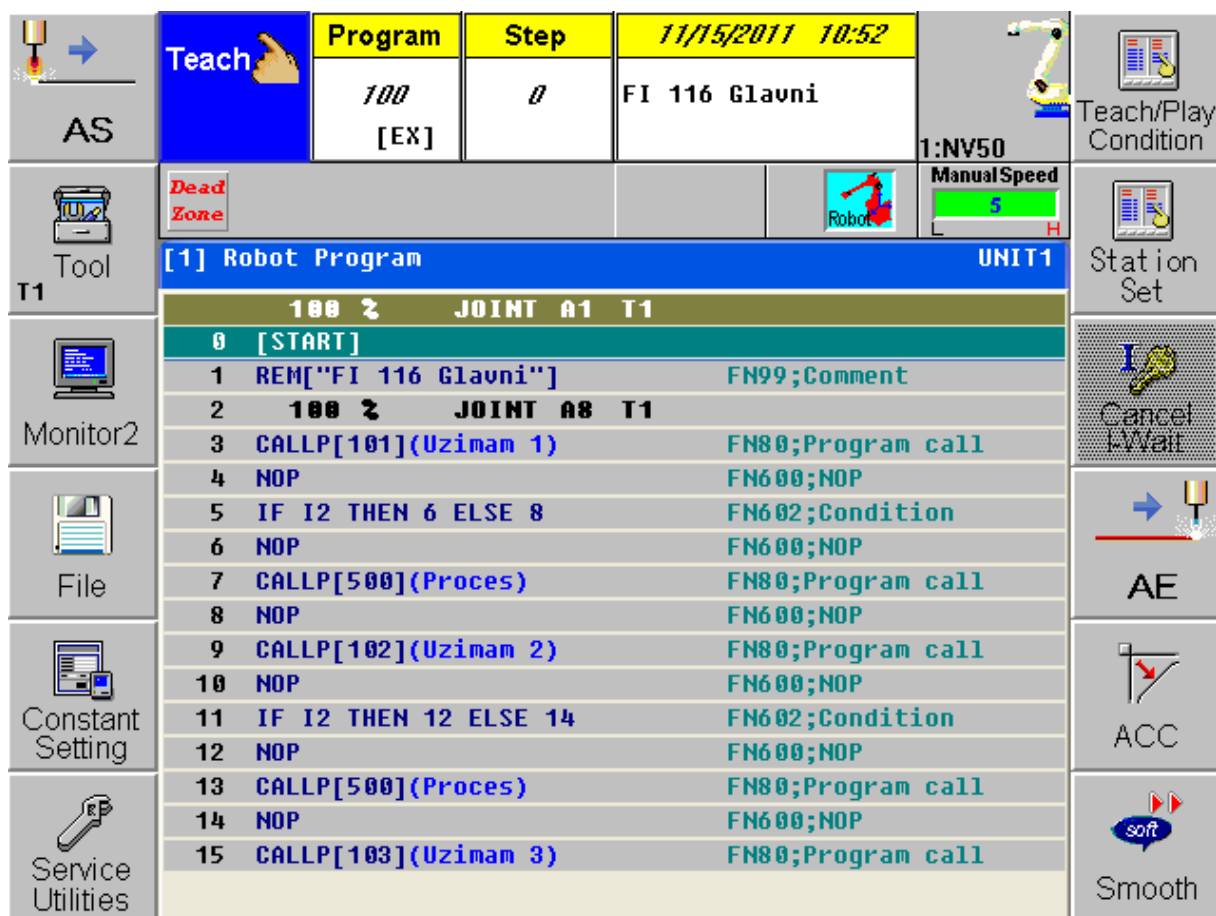


Slika 7.3 AII-ST - program za offline programiranje

## 8 Programski kod za zavarivanje dimovodnog koljena

### 8.1 Glavni program

Glavni program sastavljen je od dva potprograma. Prvi je program za uzimanje komada iz šaržera u kojem se nalazi 14 komada proizvoda - koljena dimovodnih cijevi, a drugi je program za izradu komada pod imenom proces.



Slika 8.1 Glavni program

Kod svakog uzimanja se vrši kontrola prisutnosti komada. Ako na nekom mjestu nema proizvoda, robot automatski preskače to mjesto i traži drugi proizvod.

Programski kod	Objašnjenje
<b>0 [START]</b>	Početak programa
<b>1 REM ["FI 116 Glavni"]</b>	Naziv programa
<b>2 100% JOINT A8 T1</b>	Koordinate točke, interpolacija tipa JOINT, točnost A8
<b>3 CALLP[101](Uzimam 1)</b>	Pozivanje potprograma "101", nazvanog "Uzimam1" koji služi za uzimajmanje prvog koljena iz šaržera
<b>4 NOP</b>	No operation
<b>5 IF I2 THEN 6 ELSE 8</b>	Ukoliko je na prvom mjestu u šaržeru koljeno, aktivira se induktivni senzor (I2 - Input2), te se program nastavlja u liniji 6, odnosno i poziva se potprogram "Proces". Ako koljena na prvom mjestu nema, robot traži koljeno na drugom mjestu u šaržeru - linija 8
<b>6 NOP</b>	No operation
<b>7 CALLP[500](Proces)</b>	Ako je robot uhvatio koljeno, pokreće se potprogram "Proces"
<b>8 NOP</b>	No operation
<b>9 CALLP[102](Uzimam2)</b>	Robot traži koljeno na drugom mjestu u šaržeru
<b>10 NOP</b>	No operation
<b>11 IF I2 THEN 12 ELSE 14</b>	Ako je robot pronašao koljeno na drugom mjestu, program se nastavlja u liniji 12, odnosno pokreće se potprogram "Proces", ako koljena nema na drugom mjestu, robot ga traži na sljedećem mjestu - linija 14
<b>12 NOP</b>	No operation
<b>13 CALLP[500](Proces)</b>	Ukoliko je na drugom mjesto pronađeno koljeno, pokreće se potprogram "Proces"
<b>14 NOP</b>	No operation
<b>15 CALLP[103](Uzimam3)</b>	Pokreće se potprogram "Proces", u kojem robot uzima koljeno na trećem mjestu u šaržeru

## 8.2 Program za uzimanje komada

Program je napravljen tako da se kod uzimanja uspori, da ne ošteti ili uništi komad. Manipulator ruka je opremljena sa senzorima (induktivni senzor) za kontrolu pravilnog držanja komada. Senzor daje uvjet za daljnje izvršavanje programa.

Program	Step	11/15/2011 10:58
101 [EX]	0	Uziman 1

[1] Robot Program		UNIT1
100 2	JOINT A1 T1	
0	[START]	
1	REM["Uziman 1"]	FN99;Comment
2	100 2	JOINT A8 T1
3	100 2	JOINT A8 T1
4	100 2	JOINT A8 T1
5	400 cm/m LIN	A8 T1 D2S2
6	SET[01](Hvatanje)	FN32;Output signal set
7	DELAY[1]	FN50;Timer delay
8	400 cm/m LIN	A8 T1 D2S2
9	IF I2 THEN 12 ELSE 10	FN602;Condition
10	NOP	FN600;NOP
11	RESET[01](Hvatanje)	FN34;Output signal res
12	800 cm/m LIN	A8 T1 D2S2
13	100 2	JOINT A8 T1 D2S2
14	100 2	JOINT A8 T1 D2S2
15	END	FN92;End

Slika 8.2 Program za uzimanje komada

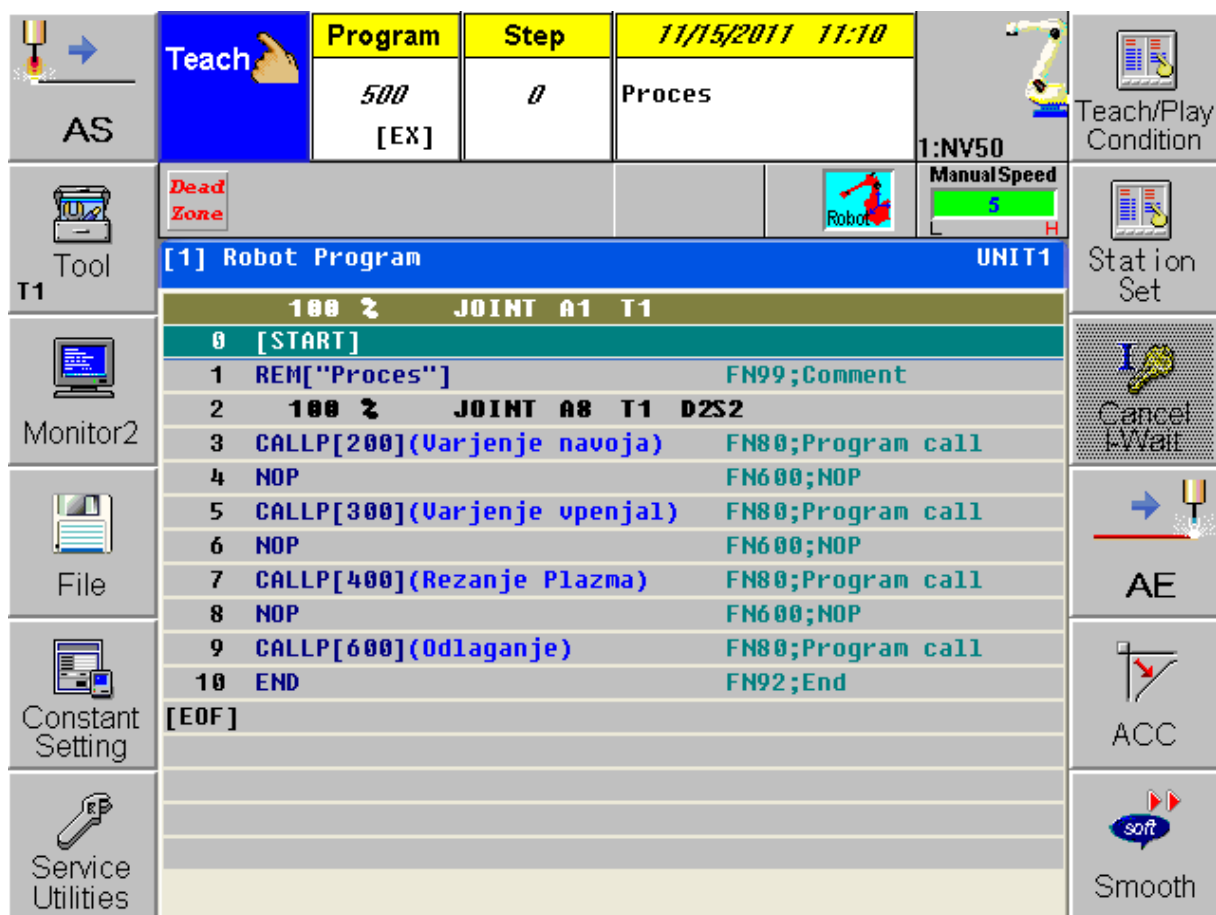
Kod bilo koje greške uzimanja robot preskače odabrani sektor i ide na drugi sve dok ne nailazi na ispravan proizvod, te ga uzme i tako normalno nastavlja sa procesom rada.

Programski kod	Objašnjenje
<b>0 [START]</b>	Početak programa
<b>1 REM ["Uzimam 1"]</b>	Naziv programa
<b>2 100% JOINT A8 T1</b>	Koordinate točke, JOINT interpolacija, točnost A8
<b>3 100% JOINT A8 T1</b>	Koordinate točke, JOINT interpolacija, točnost A8
<b>4 100% JOINT A8 T1</b>	Koordinate točke, JOINT interpolacija, točnost A8
<b>5 400 cm/m LIN A8 T1 D2S2</b>	Koordinate točke, linearna interpolacija, točnost A8, brzina 400 cm u minuti
<b>6 SET[01](Hvatanje)</b>	Uključenje hvataljke
<b>7 DELAY[1]</b>	Čekanje 1 sekunde
<b>8 400 cm/m LIN A8 T1 D2S2</b>	Koordinate točke, linearna interpolacija, točnost A8, brzina 400 cm u minuti
<b>9 IF I2 THEN 12 ELSE 10</b>	Ako je koljeno uhvaćeno hvataljkom, induktivni senzor daje signal I2, te se program nastavlja iz linije 12 i dalje odovdi na obradu. Ukoliko koljeno nije u hvataljci, senzor ne daje signal, a program se nastavlja u liniji 11
<b>10 NOP</b>	No operation
<b>11 RESET[01](Hvatanje)</b>	Ako koljena nema u hvataljci, hvatanje se isključuje
<b>12 800 cm/m LIN A8 T1 D2S2</b>	Koordinate točke, linearna interpolacija, točnost A8, brzina 800 cm u minuti
<b>13 100% JOINT A8 T1</b>	Koordinate točke, JOINT interpolacija, točnost A8
<b>14 100% JOINT A8 T1</b>	Koordinate točke, JOINT interpolacija, točnost A8
<b>15 END</b>	Kraj programa



### 8.3 Program za izradu proizvoda

Ovaj program je napravljen iz potprograma, koji naprave svaki segment izrade za sebe. Zavarivanje navoja, zavarivanje držača, rezanje sa plazmom i na kraju puštanje komada na određeno mjesto.



### Slika 8.3 Program za izradu proizvoda

Programski kod	Objašnjenje
0 [START]	Početak programa
1 REM ["Proces"]	Naziv programa
2 100% JOINT A8 T1	Koordinate točke, JOINT interpolacija, točnost A8
3 CALLP[200](Varjenje navoja)	Pozivanje potprograma koji služi za zavarivanje navoja
4 NOP	No operation
5 CALLP[300](Varjenje vpenjal)	Pozivanje potprograma koji služi za zavarivanje nosača
6 NOP	No operation
7 CALLP[400](Rezanje Plazma)	Pozivanje potprograma koji služi za rezanje plazmom
8 NOP	No operation
9 CALLP[600](Odlaganje)	Pozivanje potprograma koji služi za odlaganje gotovih koljena
10 END	Kraj programa

## 8.4 Program za zavarivanje navoja

Program je napravljen tako, da robot manipulator komunicira sa napravom za zavarivanje preko izlaznih i ulaznih signala.

The screenshot displays a CNC control interface for a welding robot. The main window shows the following program data:

Program	Step	Date/Time	Program Name
200 [EX]	0	11/15/2011 11:18	Varjenje navoja

Below this, the program steps are listed in a table:

Line	Code	Comment
0	[START]	
1	REM["Varjenje navoja"]	FN99;Comment
2	100% JOINT A8 T1 D2S2	
3	100% JOINT A8 T1 D2S2	
4	100% JOINT A8 T1 D2S2	
5	100% JOINT A8 T1 D2S2	
6	100% JOINT A8 T1 D2S2	
7	100% JOINT A8 T1 D2S2	
8	300 cm/min LIN A8 T1 D2S2	
9	300 cm/min LIN A8 T1 D2S2	
10	SET[02]	FN32;Output signal set
11	DELAY[1]	FN50;Timer delay
12	RESET[02]	FN34;Output signal res
13	WAITI[14]	FN525;Wait Input cond
14	DELAY[0.5]	FN50;Timer delay
15	300 cm/min LIN A8 T1 D2S2	

The interface also features various control buttons on the left and right sides, including 'Teach', 'AS', 'Tool', 'Monitor2', 'File', 'Constant Setting', 'Service Utilities', 'Station Set', 'Cancel Wait', 'AE', 'ACC', and 'Smooth'.

Slika 8.4 Program za zavarivanje navoja

Signal broj 2 uključuje napravu, da izvrši proces zavarivanja, to je robotski izlazni signal. Ulazni signal u našem primjeru služi za kontrolu pravilne izrade. Robot traži signal broj 4 i ako ga ne dobije znači, da se proces nije završio i čeka dok se proces ne završi ili greška otkloni.

10	SET[02](zavarivanje pocetak/kr)	FN32;Output signal set
11	DELAY[1]	FN50;Timer delay
12	RESET[02](zavarivanje pocetak/kr)	
13	WAITI[I4](kontrola procesa)	FN525;Wait Input cond
14	DELAY[0.5]	FN50;Timer delay

Programski kod	Objašnjenje
0 [START]	Početak programa
1 REM ["Varjenje navoja"]	Naziv programa
2 100% JOINT A8 T1	Koordinate točke, JOINT interpolacija, točnost A8
3 100% JOINT A8 T1	Koordinate točke, JOINT interpolacija, točnost A8
4 100% JOINT A8 T1	Koordinate točke, JOINT interpolacija, točnost A8
5 100% JOINT A8 T1	Koordinate točke, JOINT interpolacija, točnost A8
6 100% JOINT A8 T1	Koordinate točke, JOINT interpolacija, točnost A8
7 100% JOINT A8 T1	Koordinate točke, JOINT interpolacija, točnost A8
8 300 cm/m LIN A8 T1 D2S2	Koordinate točke, linearna interpolacija, točnost A8, brzina 300 cm u minuti
9 300 cm/m LIN A8 T1 D2S2	Koordinate točke, linearna interpolacija, točnost A8, brzina 300 cm u minuti
10 SET[02]	Uključuje se gorionik uređaja za zavarivanje vijaka
11 DELAY[1]	Robot drži koljeno na mjestu 1 sekundu, za vrijeme zavarivanja vijka
12 RESET[02]	Isključivanje gorionika uređaja za zavarivanje vijaka
13 WAIT[I4]	Čekanje signala I4 koji signalizira je li proces zavarivanja završio ili nije
14 DELAY[0.5]	Robot čeka još pola sekunde prije nego odmakne koljeno od uređaja za zavarivanje vijaka
15 300 cm/m LIN A8 T1 D2S2	Koordinate točke, linearna interpolacija, točnost A8, brzina 300 cm u minuti

## 8.5 Program za zavarivanje držača

Program je napravljen slično kao i program broj 200, samo što je tehnologija zavarivanja držača druga. Iz automatskog magacina se pozicionira držač na proizvod. Nakon toga se izvrši zavarivanje i kontrola.

Program	Step	11/15/2011 11:43
300 [EX]	0	Varjenje upenjal

Step	Command
0	[START]
1	REM["Varjenje upenjal"] FN99;Comment
2	100 Z JOINT A8 T1 D2S2
3	100 Z JOINT A8 T1 D2S2
4	100 Z JOINT A8 T1 D2S2
5	100 Z JOINT A8 T1 D2S2
6	150 cm/m LIN A8 T1 D2S2
7	150 cm/m LIN A8 T1 D2S2
8	DELAY[0.5] FN50;Timer delay
9	SET[03](zavarivanje pocetak/kr)FN32;Output signal set
10	DELAY[1] FN50;Timer delay
11	RESET[03](zavarivanje pocetak/kr)
12	150 cm/m LIN A8 T1 D2S2
13	WAITI[15](kontrola procesa) FN525;Wait Input cond
14	150 cm/m LIN A8 T1 D2S2
15	150 cm/m LIN A8 T1 D2S2

Slika 8.5 Program za zavarivanje držača

Signal broj 3 uključuje kompletno zavarivanje, napravu za dodavanje i masu.

Programski kod	Objašnjenje
<b>0 [START]</b>	Početak programa
<b>1 REM ["Varjenje vpenjal"]</b>	Naziv programa
<b>2 100% JOINT A8 T1</b>	Koordinate točke, JOINT interpolacija, točnost A8
<b>3 100% JOINT A8 T1</b>	Koordinate točke, JOINT interpolacija, točnost A8
<b>4 100% JOINT A8 T1</b>	Koordinate točke, JOINT interpolacija, točnost A8
<b>5 100% JOINT A8 T1</b>	Koordinate točke, JOINT interpolacija, točnost A8
<b>6 150 cm/m LIN A8 T1 D2S2</b>	Koordinate točke, linearna interpolacija, točnost A8, brzina 150 cm u minuti
<b>7 150 cm/m LIN A8 T1 D2S2</b>	Koordinate točke, linearna interpolacija, točnost A8, brzina 150 cm u minuti
<b>8 DELAY[0.5]</b>	Čekanje pola sekunde
<b>9 SET[03]</b>	Uključivanje MIG/MAG goronika za zavarivanje nosača, naprave za dodavanje nosača i mase
<b>10 DELAY[1]</b>	Čekanje tijekom vremena zavarivanja
<b>11 RESET[03]</b>	Isključivanje MIG/MAG goronika za zavarivanje nosača, naprave za dodavanje nosača i mase
<b>12 150 cm/m LIN A8 T1 D2S2</b>	Koordinate točke, linearna interpolacija, točnost A8, brzina 150 cm u minuti
<b>13 WAIT[I5]</b>	Čekanje signala I5 koji signalizira je li proces zavarivanja završio ili nije
<b>14 150 cm/m LIN A8 T1 D2S2</b>	Koordinate točke, linearna interpolacija, točnost A8, brzina 150 cm u minuti
<b>15 150 cm/m LIN A8 T1 D2S2</b>	Koordinate točke, linearna interpolacija, točnost A8, brzina 150 cm u minuti

## 8.6 Program za rezanje plazmom

Program služi za razrez donjeg dijela proizvoda. Robot preko izlaznog signala uključi stezni alat tako da učvrsti proizvod. Nakon toga se vrši rezanje plazmom.

Program	Step	11/15/2011 11:55
400 [EX]	0	Rezanje Plazma

100 Z	JOINT	A1	T1
0	[START]		
1	REM["Rezanje Plazma"]		FN99;Comment
2	100 Z	JOINT A8	T1 D2S2
3	100 Z	JOINT A8	T1 D2S2
4	100 Z	JOINT A8	T1 D2S2
5	100 Z	JOINT A8	T1 D2S2
6	800 cm/m	LIN A8	T1 D2S2
7	DELAY[0.5]		FN50;Timer delay
8	SET[013](stezanje)		FN32;Output signal set
9	DELAY[0.5]		FN50;Timer delay
10	800 cm/m	LIN A8	T1 D2S2
11	800 cm/m	LIN A8	T1 D2S2
12	800 cm/m	LIN A8	T1 D2S2
13	AS[W1,OFF,220cm/m		-> FN414;Arc start
14	DELAY[0.1]		FN50;Timer delay
15	800 cm/m	LIN A8	T1 D2S2

Slika 8.6 Program za rezanje plazmom

Početak i kraj rezanja stavljam pomoću funkcije ARC start i ARC end.

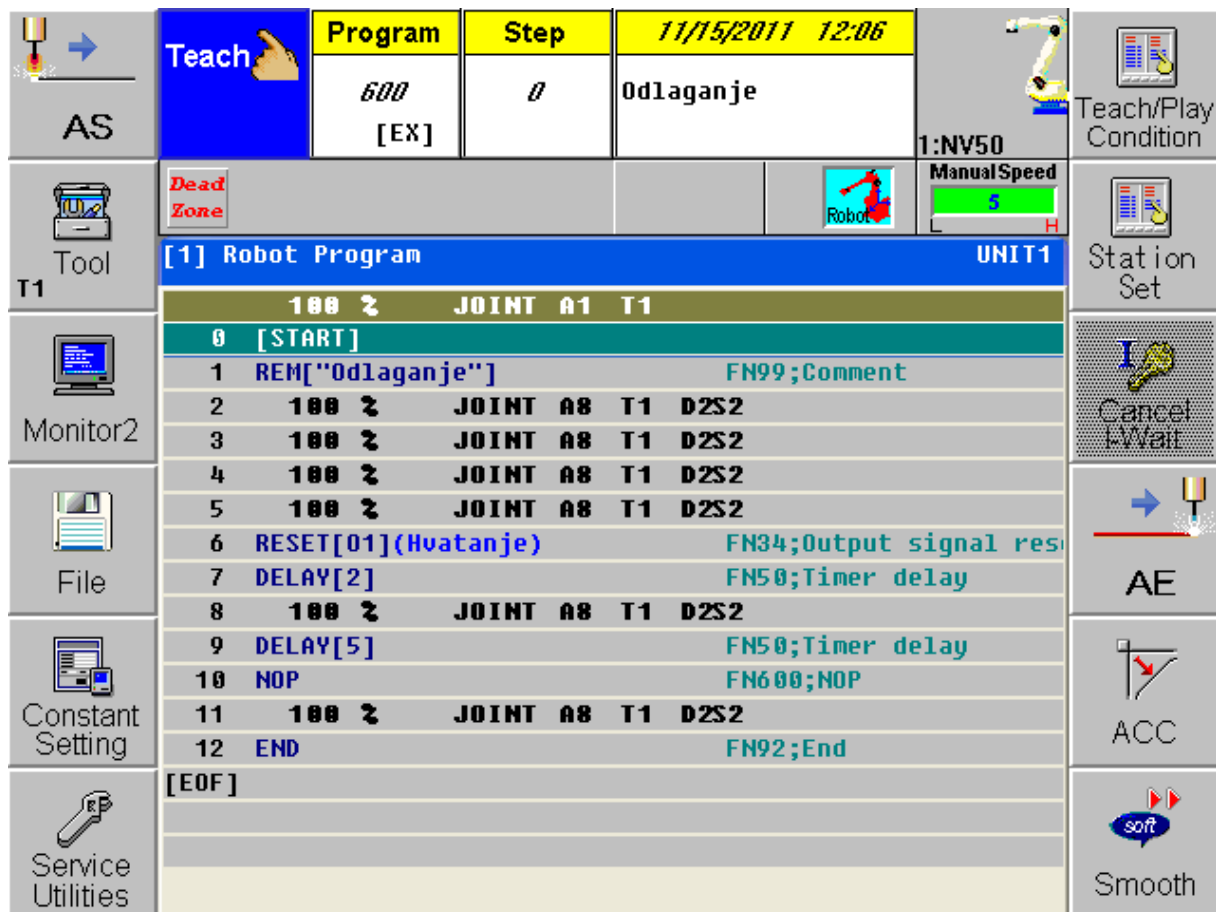
AS Cond. file	<input type="text" value="5"/>
Move cond. no.	<input type="text" value="3"/>
Welding speed	<input type="text" value="220 cm/m"/>
Comment	<input type="text" value="rezanje krivine"/>

AE Cond. file	5
Postflow time	0.5 s
Comment	kraj rezanja

Programski kod	Objašnjenje
0 [START]	Početak programa
1 REM ["Rezanje plazma"]	Naziv programa
2 100% JOINT A8 T1	Koordinate točke, JOINT interpolacija, točnost A8
3 100% JOINT A8 T1	Koordinate točke, JOINT interpolacija, točnost A8
4 100% JOINT A8 T1	Koordinate točke, JOINT interpolacija, točnost A8
5 100% JOINT A8 T1	Koordinate točke, JOINT interpolacija, točnost A8
6 800 cm/m LIN A8 T1 D2S2	Koordinate točke, linearna interpolacija, točnost A8, brzina 800 cm u minuti
7 DELAY[0.5]	Čekanje pola sekunde
8 SET[013]	Stezanje koljena
9 DELAY[0.5]	Čekanje pola sekunde
10 800 cm/m LIN A8 T1 D2S2	Koordinate točke, linearna interpolacija, točnost A8, brzina 800 cm u minuti
11 800 cm/m LIN A8 T1 D2S2	Koordinate točke, linearna interpolacija, točnost A8, brzina 800 cm u minuti
12 800 cm/m LIN A8 T1 D2S2	Koordinate točke, linearna interpolacija, točnost A8, brzina 800 cm u minuti
13 AS[W1,OFF,220 cm/m ]	Arc start - početak rezanja plazmom, brzinom od 220 cm u minuti. Plazma rezač, postavljen je kao W1 - Welder1
14 DELAY[0.1]	Čekanje desetinke sekunde
15 800 cm/m LIN A8 T1 D2S2	Koordinate točke, linearna interpolacija, točnost A8, brzina 800 cm u minuti

## 8.7 Program za odlaganje

Pomoću ovog programa stavljam gotov proizvod na mjesto određeno za odlaganje gotovih proizvoda.



Slika 8.7 Program za odlaganje

Nakon toga sve počinje iz početka sve dok nam ne ponestane proizvoda u magacinu, koji se može i tekom rada dopunjavati.



Programski kod	Objašnjenje
0 [START]	Početak programa
1 REM ["Odlaganje"]	Naziv programa
2 100% JOINT A8 T1	Koordinate točke, JOINT interpolacija, točnost A8
3 100% JOINT A8 T1	Koordinate točke, JOINT interpolacija, točnost A8
4 100% JOINT A8 T1	Koordinate točke, JOINT interpolacija, točnost A8
5 100% JOINT A8 T1	Koordinate točke, JOINT interpolacija, točnost A8
6 RESET[01]	Hvataljka ispušta dimovodno koljeno na za to predviđeno mjesto
7 DELAY[2]	Čekanje dvije sekunde
8 100% JOINT A8 T1	Koordinate točke, JOINT interpolacija, točnost A8
9 DELAY[5]	Čekanje pet sekundi
10 NOP	No operation
11 100% JOINT A8 T1	Koordinate točke, JOINT interpolacija, točnost A8
12 END	Kraj programa

## 9 Sustav s dva robota

### 9.1 Uvođenje dodatnih robota

Kod zadatka izrade srednjeg dimovodnog koljena moguće je upotrijebiti dva robota i time ubrzati sam proces. Radi lakše sinkronizacije gibanja dva robota, poželjno je da roboti budu od istog proizvođača, kako bi se izbjeglo nepotrebno usklađivanje različite programske različitih proizvođača robota. Kod takvog sustava s dva robota, kao zadatak drugog robota mogli bi odabrati MIG/MAG zavarivanje pločica ili razrezivanje plazmom ili oboje. Postupak MIG/MAG zavarivanja i rezanja plazmom lako je robotizirati. Ukoliko se odlučimo za automatizaciju i zavarivanja i rezanja, na raspolaganju nam stoje dvije mogućnosti. Prva bi bila uvođenje još dva nova robota, od kojih bi jedan preuzeo zadatak MIG/MAG zavarivanja, a drugi rezanja plazmom. Ova varijanta, uz pažljiv smještaj robota i ostale potrebne opreme, te pažljivo programiranje, omogućuje znatno smanjenje vremena potrebnog za izradu jednog komada srednjeg dimovodnog koljena. Time bi se omogućila izrada većeg broja koljena u vremenu, te bi takav sustav bio sposoban za velikoserijsku proizvodnju. Međutim ova varijanta zahtijeva više programiranja i sinkronizaciju tri robota. Troškovi za ovakvu varijantu veći su za cijenu dva dodatna robota, cijenu dodatnog programiranja, a potrebno je uzeti u obzir i cijenu utrošene energije koja je za dva dodatna robota sigurno veća. Druga bi varijanta bila uvođenje samo jednog dodatnog robota, no ukoliko bismo željeli da obavlja oba zadatka, i zavarivanje i rezanje, takav robot bi trebao imati izmjenjivu glavu - tokom samog procesa trebao bi u najpovoljnijem trenutku zamijeniti MIG/MAG gorionik sa gorionikom za plazma rezanje. Najpovoljniji trenutak zamjene gorionika trebalo bi pomno odabrati, kako bi se uštedjelo na vremenu. Odabirom ove druge varijante vrijeme izrade srednjeg dimovodnog koljena bilo bi brže nego u slučaju s jednim robotom, ali ipak nešto sporije nego u slučaju s tri robota. Dodatni trošak bio bi samo jedan robot i izmjenjiva glava, što je ipak jeftinije nego novi robot s kompletnom potrebnom opremom.

### 9.2 Odabir robota i raspodjela zadataka

Na koju ćemo se varijantu odlučiti ovisi o potrebama proizvodnje i isplativosti investicije. Varijanta koju ću u nastavku analizirati je varijanta s dva robota i izmjenjivom glavom. Radi lakšeg usklađivanja robota i pripadajuće programske podrške, oba robota biti će ista, odnosno OTC AII-V50 koji je prethodno analiziran. Prvi će robot ostati manipulator s istom pneumatskom prihvatnicom, drugi će služiti za MIG/MAG zavarivanje i rezanje plazmom, a ostali će dijelovi sustava ostati isti sa istom funkcijom. Dodatni dio sustavu bilo bi mjesto na kojem će drugi robot priključivati i odlagati gorionike prilikom zamjene glava.

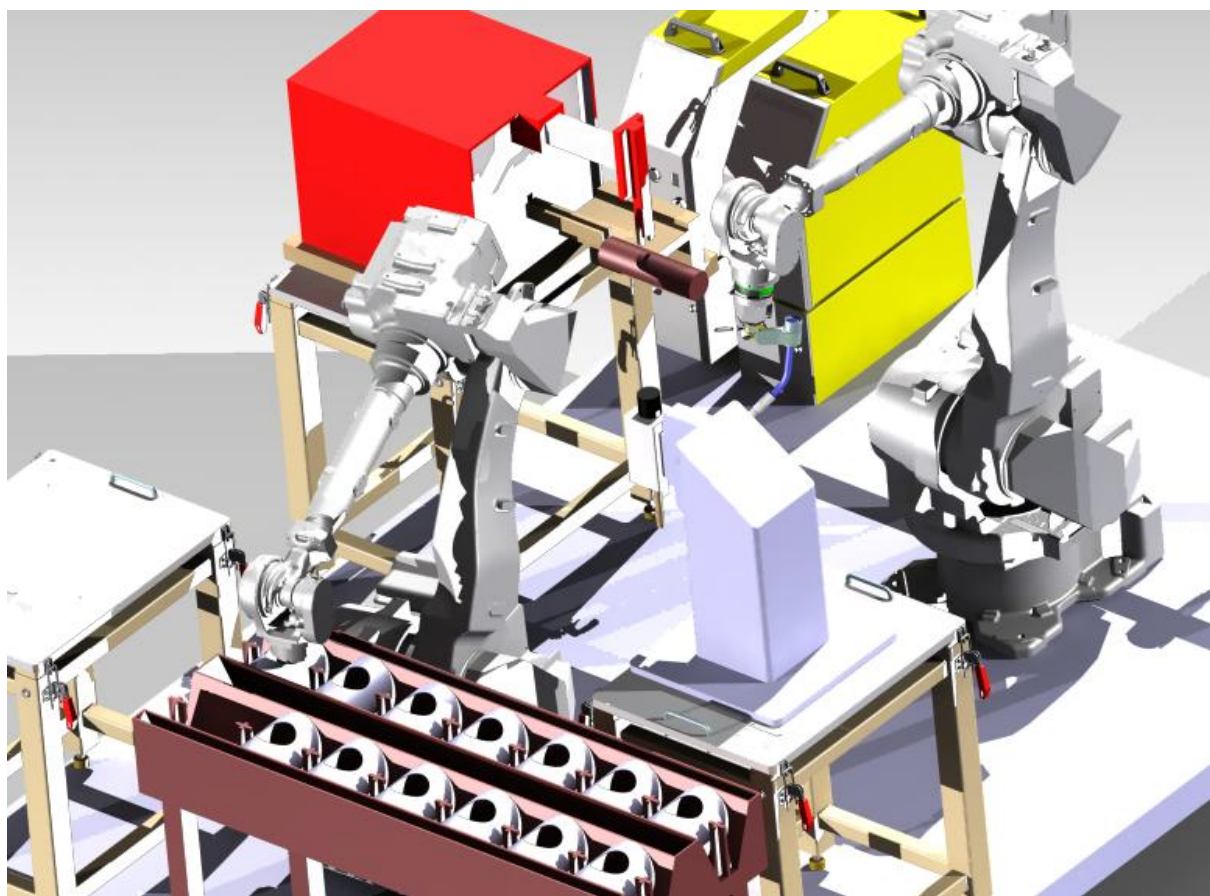
Redoslijed i raspodjela zadataka za sustav s dva robota za zavarivanje srednjeg dimovodnog koljena:

1. Robot manipulator uzima dimovodno koljeno iz šaržera
2. Robot manipulator pozicionira koljeno na napravu za zavarivanje pločica
3. Drugi robot sa glavom za MIG/MAG zavarivanje zavaruje prvu pločicu na dimovodno koljeno
4. Drugi robot sa glavom za MIG/MAG zavarivanje zavaruje drugu pločicu na dimovodno koljeno
5. Robot manipulator pozicionira dimovodno koljeno na napravu za zavarivanje stojećih vijaka te se vrši njihovo zavarivanje
6. Za to vrijeme drugi robot odlaže MIG gorionik i priključuje plazma gorionik
7. Robot manipulator pozicionira koljeno na napravu za zavarivanje
8. Drugi robot razrezuje dimovodno koljeno između pločica plazma lukom
9. Robot manipulator odlaže dimovodno koljeno na paletu
10. Drugi robot odlaže plazma gorionik i priključuje MIG/MAG gorionik

Nakon što sustav obavi ovih deset koraka, robot manipulator opet uzima novo dimovodno koljeno iz šaržera, i cijeli se postupak ponavlja. Iz danog redoslijeda zadataka vidljivo je da za vrijeme dok drugi robot mijenja MIG/MAG gorionik sa plazma gorionikom, robot manipulator obavlja zadatak za koji mu drugi robot nije potreban, odnosno prisustvuje i pomaže zavarivanju stojećih vijaka na dimovodno koljeno. Time se dobiva na vremenu tako što nijedan robot ne čeka drugi. Slično je i kod zamjene plazma gorionika sa MIG/MAG gorionikom. Za to vrijeme robot manipulator odlaže gotovo dimovodno koljeno na paletu za gotove proizvode.

### 9.3 Uzimanje dimovodnog koljena

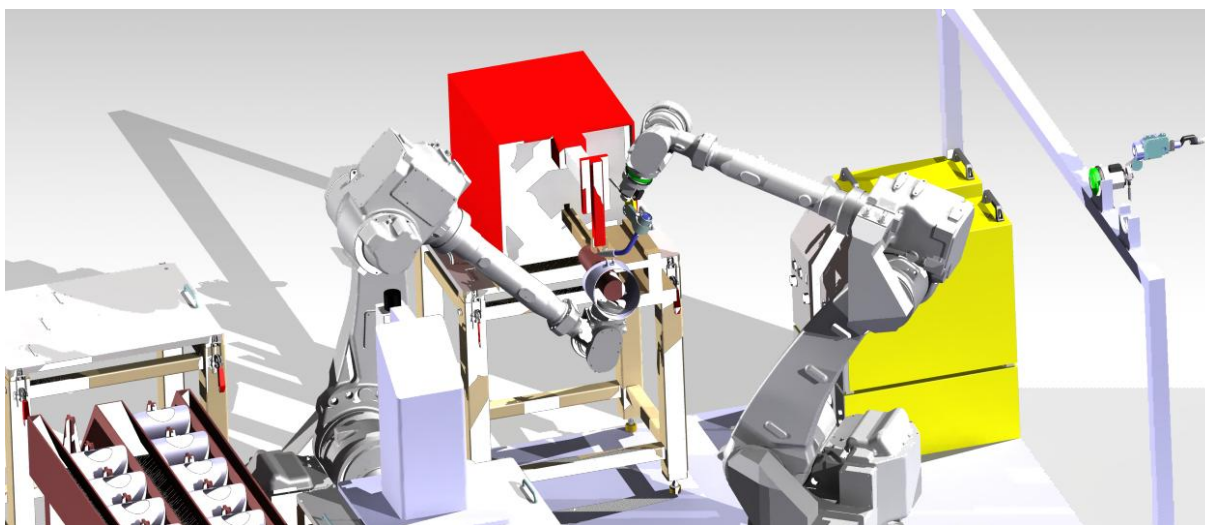
Kod sustava za zavarivanje srednjeg koljena dimovodnih cijevi, sa dva robota, proces započinje tako da robot manipulator, po programiranom redosljedu, iz šaržera uzima poluproizvod dimovodnog koljena, dok drugi robot na sebe priključuje gorionik za MIG/MAG zavarivanje. Robot manipulator odnosi poluproizvod do radnog mjesta na kojem će se zavariti nosači - pločice.



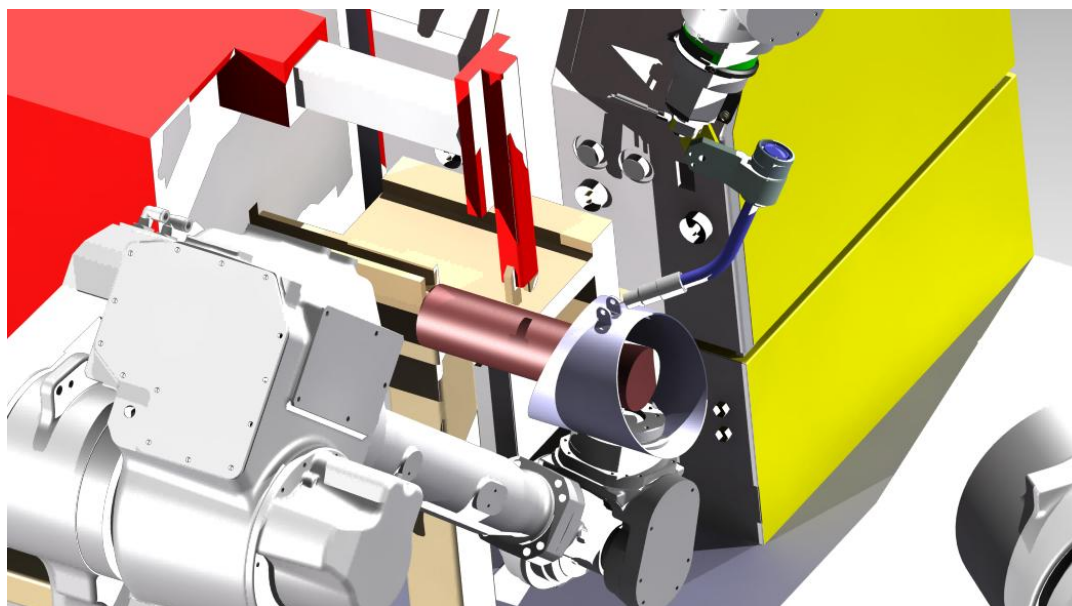
Slika 9.1 Uzimanje poluproizvoda iz šaržera

## 9.4 Zavarivanje pločica

Robot manipulator donosi poluproizvod dimovodnog koljena do uređaja sa automatskim doziranjem pločica, te prislanja poluproizvod na metalni dio uz sam uređaj, ne ispuštajući samo koljeno iz prihvata. Prislanjanje na metalni dio - masu, nužno je zbog same prirode procesa zavarivanja, kako bi se mogao uspostaviti električni luk. Za to vrijeme robot sa MIG/MAG gorionikom zavaruje pločicu na koljeno. Uređaj za automatsko dovođenje pločica, ima ugrađenu hvataljku koja donosi pločice do mjesta zavarivanja i pridržava ih tijekom samog procesa zavarivanja. Nakon što se zavari prva pločica, robot manipulator okreće koljeno, kako bi se zavarila i druga.



Slika 9.2 Zavarivanje pločica

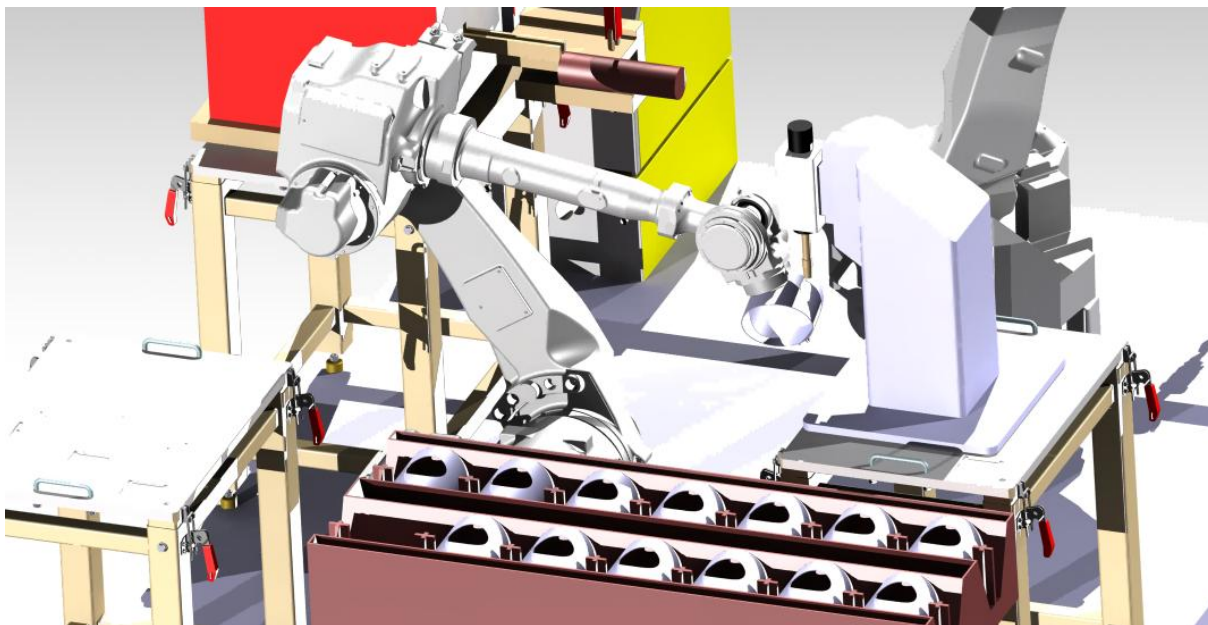


Slika 9.3 Zavarivanje pločica 2

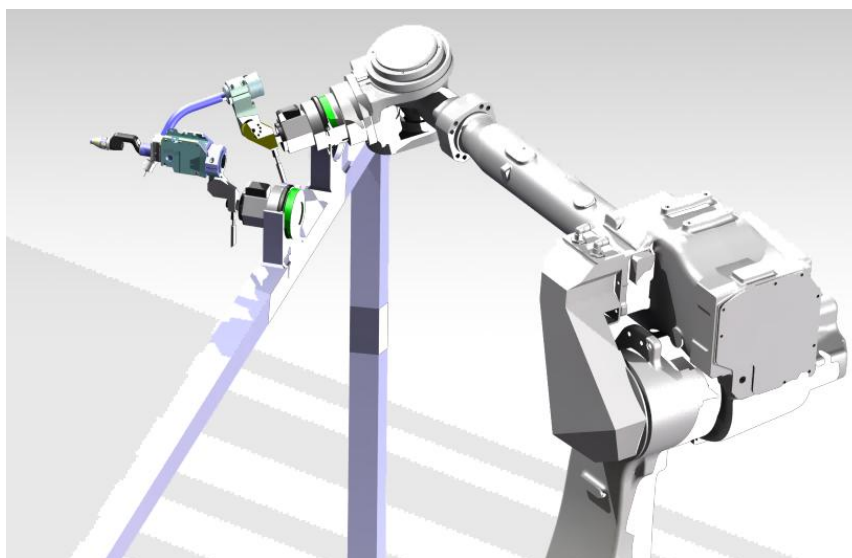


## 9.5 Zavarivanje vijaka

Nakon što se zavare obje pločice, robot manipulator nosi koljeno do radnog mjesta na kojem se nalazi uređaj za zavarivanja vijaka, na koje će se kasnije pričvrstiti poklopac otvora za čišćenje. Vijci se zavaruju s obje strane otvora za čišćenje. Za vrijeme postupka zavarivanja, drugi robot zamjenjuje MIG/MAG gorionik, sa plazma gorionikom, koji je potreban na sljedećem radnom mjestu. Zamjena gorionika tijekom procesa zavarivanja, ubrzava proces proizvodnje dimovodnih koljena, pa ih je u istom vremenu moguće napraviti više nego kod sustava sa jednim robotom.



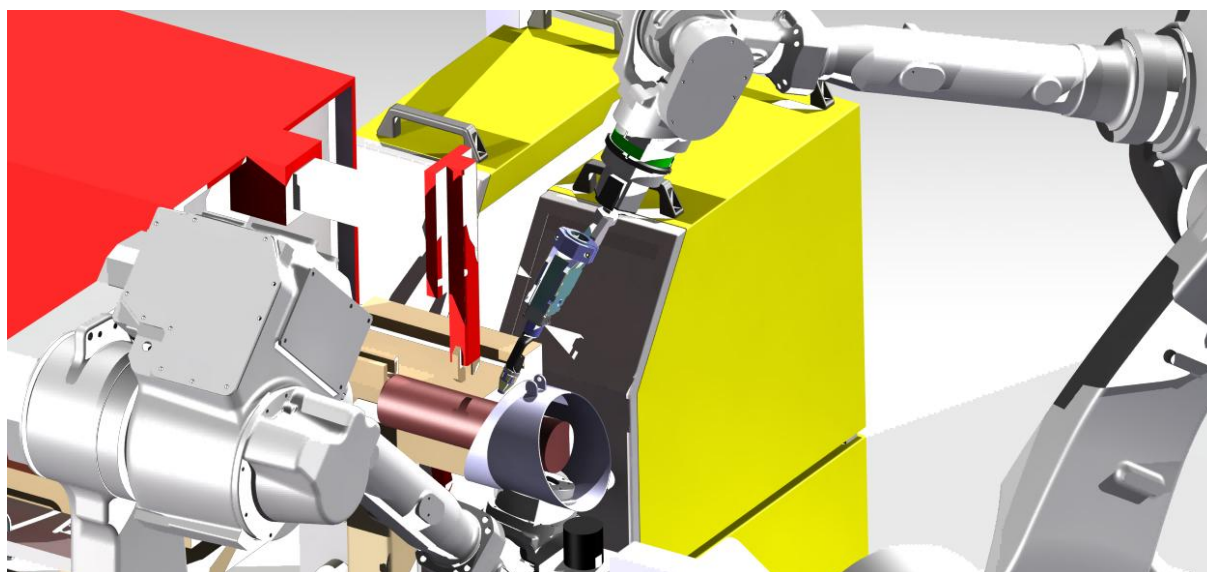
Slika 9.4 Zavarivanje vijaka



Slika 9.5 Zamjena gorionika

## 9.6 Rezanje plazmom

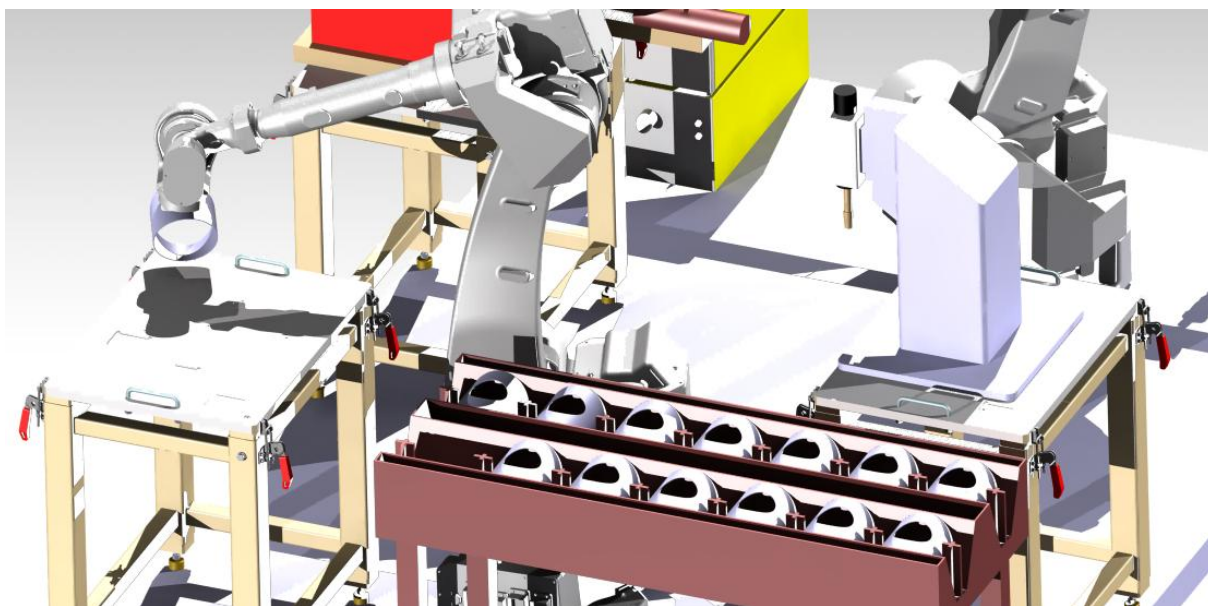
Nakon što se s obje strane otvora za čišćenje na srednje dimovodno koljeno zavare vijci, robot manipulator opet prislanja koljeno na metalni dio - masu, kako bi se prilikom rezanja plazmom uspostavio električni luk. Drugi robot sada drži plazma gorionik, te njime razrezuje srednje dimovodno koljeno, između dvije prethodno zavarene pločice. Razrez se vrši iz konstrukcijskih razloga.



Slika 9.6 Razrez plazmom

## 9.7 Odlaganje gotovog proizvoda

Nakon razrezivanja plazmom, robot manipulator odlaže gotov proizvod na za to predviđeno mjesto. Za to vrijeme drugi robot odlaže plazma gorionik, pa opet priključuje gorionik za MIG/MAG zavarivanje, kako bi se proces mogao ponoviti sa sljedećim poluproizvodom.



Slika 9.7 Odlaganje gotovog koljena



## 10 Procjena investicije i vrijeme povrata sredstava

Cijena robotske stanice sa jednim robotom iznosi 760.000,00 kuna. Ova robotska stanica ima kapacitet 14 komada po satu, što znači da se jedan komad proizvoda napravi za 4,26 minuta. Cijena robotske stanice sa dva robota procijenjena je na 1.026.000,00 kuna, a njen kapacitet 21 komada po satu, što znači da je jedan proizvod napravljen za 2,85 minuta. Prosječna cijena dimovodnog koljena na tržištu je cca 158 kuna sa PDV-om. Kada se oduzme PDV i zarada trgovca, dolazi se do cijene od 90,00 kuna po komadu. To je cijena koju proizvođač može dobiti za jedan komad dimovodnog koljena. Sa stanicom sa jednim robotom, na sat se može zaraditi 1.260,00 kuna, a sa stanicom sa dva robota 1.890,00 kuna. Razlika koja se ostvaruje je 630 kuna na sat rada. Razlika u cijeni robotske stanice sa jednim robotom i robotske stanice sa dva robota je 266.000,00 kuna. Da bi se ta cijena pokrila, potrebno je raditi 422 sata, odnosno 52 dana i 6 sati, ukoliko se radi u jednoj smjeni (za smjenu je uzeto 8 sati). To je ujedno i vrijeme koje je potrebno da bi se investicija u stanicu sa dva robota vratila. Ukoliko se cijena dimovodnog koljena smanji, vrijeme povrata u satima rada bi se povećalo, ali se može uvesti druga ili čak i treća smjena, te se vrijeme povrata sredstava smanjuje. Sve ovisi o potrebi tržišta i proizvođaču, jer ipak se radi o sezonskoj robi.

## **11 Literatura**

- [1] OTC ALMEGA All series INSTRUCTION MANUAL - BASIC OPERATION - DAIHEN CORPORATION
- [2] OTC ALMEGA All series INSTRUCTION MANUAL - INSTALATION - DAIHEN CORPORATION
- [3] [www.servus.hr](http://www.servus.hr)
- [4] [www.varstroj.si](http://www.varstroj.si)
- [5]